

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-29035

(P 2 0 0 0 - 2 9 0 3 5 A)

(43)公開日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(51)Int.Cl.⁷
G02F 1/1339

識別記号
500

F I
G02F 1/1339

テーマ (参考)
2H089

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全13頁)

(21)出願番号 特願平10-194661
(22)出願日 平成10年7月9日(1998.7.9)

(71)出願人 000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル
(72)発明者 鈴木 直也
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内
(72)発明者 小谷 昌二
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内
(74)代理人 100074125
弁理士 谷川 昌夫

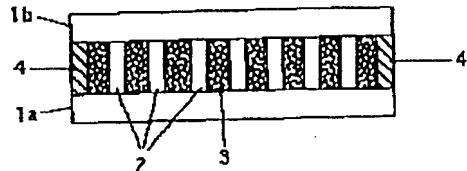
最終頁に続く

(54)【発明の名称】液晶素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 少なくとも一方が透明な一对の基板間に液晶を封入した液晶素子であって、従来素子に比べて基板の硬軟に影響されることなく、また、長期にわたり液晶層の厚みを一定に保つことができ、これにより所望のコントラスト及び反射率が安定的に得られる液晶素子及びその簡単な製造方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも一方が透明な、対向配置された第1及び第2の基板1a及び1bと、基板1a、1b間に設けられた複数の柱状構造体2と、基板1a、1b間における柱状構造体2間の空間に封入された液晶3とを備えており、柱状構造体2は、S.P.値が1.0~1.5のホトレジスト材料から得られるホトレジストで形成されている液晶素子及びその製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一方が透明な、対向配置された第1及び第2の基板と、該基板間に設けられた複数の柱状構造体と、前記基板間に於ける前記柱状構造体間の空間に封入された液晶とを備えており、前記柱状構造体は、SP値が1.0～1.5の材料から得られる高分子物質で形成されていることを特徴とする液晶素子。

【請求項2】 前記高分子物質がホトレジストである請求項1記載の液晶素子。

【請求項3】 前記高分子物質で形成されている前記柱状構造体の高さは3μm～20μmである請求項1又は2記載の液晶素子。

【請求項4】 前記高分子物質で形成されている前記柱状構造体の高さは5μm～15μmである請求項1又は2記載の液晶素子。

【請求項5】 前記第1及び第2の基板のそれぞれは電極を有するものであり、該両基板は該電極が互いに向き合うように対向配置されている請求項1から4のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項6】 前記第1及び第2の基板のうち少なくとも液晶素子観察側に配置される基板は透明ガラス板又は透明合成樹脂フィルムである請求項1から5のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項7】 前記両基板の周縁部間に封止剤で封止されている請求項1から6のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項8】 前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に電気絶縁性膜が形成されている請求項1から7のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項9】 前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に配向膜が形成されている請求項1から8のいずれかに記載の液晶素子。

【請求項10】 第1の基板の片方の面に、SP値が1.0～1.5のホトレジスト材料を所定の厚さで塗布するホトレジスト材料塗布工程と、前記ホトレジスト材料の塗膜から所定の露光パターンで露光処理を施す露光工程と、

前記露光工程後、前記塗膜を現像処理して前記露光パターンに対応した複数の柱状構造体を得る現像工程と、前記柱状構造体の上から、第2の基板を被せて前記第1基板上方に重ね設ける基板重ね合わせ工程と、前記柱状構造体間に液晶を配置する液晶配置工程とを含むことを特徴とする液晶素子の製造方法。

【請求項11】 前記ホトレジスト材料塗布工程では、前記ホトレジスト材料を厚さ3μm～20μmで塗布する請求項10記載の液晶素子の製造方法。

【請求項12】 前記ホトレジスト材料塗布工程では、前記ホトレジスト材料を厚さ5μm～15μmで塗布する請求項10記載の液晶素子の製造方法。

【請求項13】 前記露光工程前に、前記ホトレジスト材料塗膜にプレベーリング処理を施す請求項10から12のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【請求項14】 前記露光工程後、前記現像工程前に、前記塗膜に露光後ベーリング処理を施す請求項10から13のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【請求項15】 前記現像工程後、前記基板重ね合わせ工程及び液晶配置工程前に、該現像工程により得られる柱状構造体に対しポスト露光処理及びポストベーリング

処理を施す請求項10から14のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【請求項16】 前記第1及び第2の基板としてそれぞれ電極を有するものを用い、前記ホトレジスト材料塗布工程においては第1基板の電極形成面上にホトレジスト材料を塗布するとともに、前記基板重ね合わせ工程においては第2基板をその電極形成面を柱状構造体に向けてその上に被せることにより、該両基板を該電極が互いに向き合うよう対向配置させる請求項10から15のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

20 【請求項17】 前記第1及び第2の基板のうち少なくとも液晶素子観察側に配置される基板として透明ガラス板又は透明合成樹脂フィルムを用いる請求項10から16のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【請求項18】 前記両基板の周縁部間に封止剤で封止する工程を含む請求項10から17のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【請求項19】 前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に配向膜を形成する工程を含む請求項10から18のいずれかに記載の液晶素子。

30 【請求項20】 前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に電気絶縁性膜を形成する工程を含む請求項10から19のいずれかに記載の液晶素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、少なくとも一方が透明な一对の基板間に柱状構造体と液晶とを配置した液晶素子及びその製造方法に関する。

【0002】

40 【従来の技術】 一对の基板間に液晶を封入した液晶素子において、所定の駆動電圧で、所定のコントラスト、所定の反射率等を得るためにには基板間隙すなわち液晶の厚みを一定に保つことが重要である。基板間隙を一定に保つために、両基板間にプラスチック、ガラス等の材料からなる多数の粒状等のスペーサを挟持させることが行われている。スペーサは基板を組み立てる前に予め一方の基板に散布する、液晶材料中に予め混入させておく等の方法で使用される。

【0003】 しかし、多数のスペーサを目的とする面積50 範囲に均一に散布等することは技術的に困難である。ま

た、一对の基板の少なくとも一方が柔軟性のあるフィルム又はシート状のものである場合、基板間にスペーサを挟持しただけでは基板表面に加えられた圧力により液晶層の厚みが部分的に変化して表示が変化し易い。また、スペーサによる方法では長期にわたり液晶層を所定の形状に保つことが困難である。そこで、基板間隙の液晶領域間に所定厚さの例えば樹脂からなる壁状構造体を形成することが提案されている。

【0004】例え、特開昭62-203123号公報によると、一对の電極付きフレキシブル基板間に液晶を封入した液晶素子において、該基板間に厚さ均一のマトリクス状に連続するポリマーからなる堰を固着し、該堰により互いに分離された複数のセル内に液晶を互いに独立して封入した液晶素子が開示されている。そして、これにより基板周縁部からの液晶の漏れだしを防止するために基板周縁部間にシールすることが不要になり、大面積又は長尺に形成した液晶素子を切断して任意のサイズや形状の液晶素子を得ることができるとしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記特開昭62-203123号公報による液晶素子においても、堰（壁状構造体）の材料である高分子物質の種類によっては液晶中に該高分子物質が溶けだして、液晶の特性を損なったり、壁状構造体の形状が経時に変化したりする。壁状構造体の形状が崩れると、基板間隔が変化するようになる。これらの場合、十分なコントラスト及び反射率が得られなくなる。液晶を作動させるのに必要な駆動電圧が全液晶領域にわたり均一にならず、そのため全液晶領域を同じように作動させるために駆動電圧を高くしなければならなくなるという難点もある。

【0006】そこで本発明は、少なくとも一方が透明な一对の基板間に液晶を封入した液晶素子であって、従来素子に比べて基板の硬軟に影響されることなく、また、長期にわたり液晶層の厚みを一定に保つことができ、これにより所望のコントラスト及び反射率が安定的に得られる液晶素子及びその簡単な製造方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するためには、本発明者は研究を重ね、以下の①、②及び③の知見を得た。

① 基板の少なくとも一方が柔軟な材料からなるものである場合に基板間隔を所定の間隔に保つためには、基板間に複数の柱状構造体を形成しておき、該柱状構造体間の空間に液晶を満たせばよい。

② この柱状構造体の材料として例えホトレジストを採用し、一方の基板上にホトレジスト材料を所定の厚さに塗布し、該塗膜を所定のフォトマスクを介して露光、現像してホトレジストからなる柱状構造体とすることにより、スペーサを用いなくても所望の高さの柱状構造体

を得ることができる。また、フォトマスクを介して露光する方法により、極めて精度の良い柱状構造体を得ることができる。

③ 高分子物質と溶剤等の液体との相互作用を示す主要なパラメータとして溶解度パラメータSPがあり、柱状構造体の材料としてSP値が10～15の材料から得られる高分子物質を用いれば、液晶中への該高分子物質の溶け出しが無視できる程度に少なくなり、柱状構造体の形状を一定に保つことができる。そして、その結果液晶相の厚みを一定に保つことができる。

【0008】前記知見に基づき本発明は、少なくとも一方が透明な、対向配置された第1及び第2の基板と、該基板間に設けられた複数の柱状構造体と、前記基板間ににおける前記柱状構造体間の空間に封入された液晶とを備えており、前記柱状構造体は、SP値が10～15の材料から得られる高分子物質で形成されていることを特徴とする液晶素子を提供する。

【0009】前記本発明の液晶素子によると、基板対間に高分子物質からなる複数の柱状構造体が予め形成され、該柱状構造体間の領域に液晶が保持されているため、基板の少なくとも一方が柔軟な材料からなるものである場合にも、基板対間隔を所定の間隔に保つことができる。また、基板対間隔の維持にあたりスペーサを必要としない。また、液晶は一般的に溶解度パラメータSPの値が8以下であるが、本発明の液晶素子において柱状構造体を構成している高分子物質は溶解度パラメータSPの値が10～15の範囲にある材料から得られるものであるため、液晶に対して溶解せず又は殆ど溶解せず、長期にわたり該柱状構造体の所定の形状が保持される。

30 これにより、基板対の間隔すなわち基板対間の液晶層の厚みを一定に保つことができ、所望のコントラスト及び所望の反射率を保つことができる。

【0010】なお、材料のSP値は、測定対象である材料と予めSP値の分かっている溶剤とを混ぜ、相溶するか否かで測定することができる。前記高分子物質を得るための材料のSP値が10より小さくなってくると、液晶のSP値と近くなっている柱状構造体を構成する高分子物質が液晶中に溶け出し易くなる。また、このSP値が15より大きくなってくると、高分子物質の吸湿性が増大し、柱状構造体が水分を吸収して液晶性能が低下し易くなる。

【0011】また、前記高分子物質の種類は特に限定されないが、ホトレジストを採用することにより、簡単に所望の基板間隔を得ることができる。また、前記知見に基づき本発明は、第1の基板の片方の面に、SP値が10～15のホトレジスト材料を所定の厚さで塗布するホトレジスト材料塗布工程と、前記ホトレジスト材料の塗膜から所定の露光パターンで露光処理を施す露光工程と、前記露光工程後、前記塗膜を現像処理して前記露光50 パターンに対応した複数の柱状構造体を得る現像工程

と、前記柱状構造体の上から、第2の基板を被せて前記第1基板上方に重ね設ける基板重ね合わせ工程と、前記柱状構造体間に液晶を配置する液晶配置工程とを含むことを特徴とする液晶素子の製造方法を提供する。

【0012】前記本発明の液晶素子の製造方法によると、柱状構造体の材料としてホトレジストを採用し、一方の基板上にホトレジスト材料を所定厚さで予め塗布しておき、該塗膜を露光、現像して柱状構造体を得るが、さらに、柱状構造体を形成した基板を新たな基板で挟み込むことにより所定厚さの液晶層を形成できる。また、所望の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを介してホトレジスト材料塗膜を露光、現像して柱状構造体を得るために、マスク形状に応じた極めて精度の良い柱状構造体を得ることができる。

【0013】なお、本発明において、「ホトレジスト材料」とは、露光及び現像によりホトレジストを得るために原材料を指し、「ホトレジスト」とは、ホトレジスト材料を露光及び現像して得られる材料を指す。ネガタイプの場合、ホトレジスト材料は低分子のモノマー又は(及び)オリゴマーであり、露光した部分が重合することにより高分子物質となり、未露光部分は現像により除去される。ポジタイプの場合、ホトレジスト材料は高分子物質であり、露光した部分はアルカリ性現像液への溶解性が増大し、現像することで該露光部分が除去されて、未露光部分が高分子物質として残る。

【0014】本発明の液晶素子及びその製造方法において、柱状構造体は断面形状が円形、四角形等の多角形、壁板状等のいずれであってもよい。いずれにしても、基板間に連続した液晶領域が形成されるようにする。前記柱状構造体の高さは、個々の柱状構造体の径、柱状構造体の分布密度等にもよるが、前記両基板間に所定厚さで液晶を封入するために、そしてあまり高くなりすぎて外部からの荷重でたやすく座屈してしまうことがないように、それには限定されないが、概ね3μm～20μm程度、より好ましくは5μm～15μm程度にすることができる。

【0015】透明基板側から見たときの観察面の光変調領域における柱状構造物(柱状構造体)の占める面積の割合が0.5%(開口率99.5%)以上であれば、液晶素子として最低限必要な強度を得ることができる。光変調領域における柱状構造物の占める面積の割合が増加するにしたがって光変調部の面積は小さくなるが、その割合が4.0%(開口率60%)以下であれば液晶素子として実用上充分な特性が得られる。上記を考慮して、柱状構造物(柱状構造体)の幅方向の大きさは2μm～250μm程度、柱間隔は3μm～1000μm程度とすることができる。

【0016】また、前記両基板の周縁部間の液晶漏れを防止するために、前記柱状構造体の一部を該両基板の周縁部間に延在させた封止壁とすることができる。或い

は、例えば樹脂等の封止剤で別途に形成された封止壁を設けてもよい。封止壁は基板対を接着する接着剤としての役割も有する。この場合、封止剤として、補助的に粒状等の多数のスペーサを含む封止剤を採用しても構わない。

【0017】また、本発明の液晶素子において、第1及び第2基板のそれぞれは駆動電圧を印加するための電極を備えたものとすることができます。この場合例えば該両基板を該電極が互いに向き合うように対向配置することができる。また、本発明の液晶素子の製造方法においても、第1及び第2基板としてそれぞれ電極を備えたものを採用することができる。この場合、例えば前記ホトレジスト材料を第1基板の電極形成面上に塗布するとともに、第2基板をその電極形成面を柱状構造体に向けてこれに被せることにより、該両基板を該電極が向き合うように対向配置させることができます。なお、第1及び第2基板の少なくとも一方に電極を設けない場合も、例えば外部電極を用いて該両基板間の液晶に駆動電圧を印加することにより、表示を行うことは可能である。

【0018】また、第1及び第2の基板として電極付き基板を採用する場合であれ、そうでない場合であれ、前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に電気絶縁性膜を形成してもよい。第1、第2基板として電極付き基板を採用するときは、電気絶縁性膜を設けると両基板間の電気の短絡防止に役立つ。電気絶縁性膜は例えば少なくとも一方の基板の電極形成面上に形成しておくことができる。

【0019】また、前記柱状構造体と前記第1又は(及び)第2の基板との間に配向膜を形成してもよい。配向膜を設けると、液晶を所定の一定方向に配向させることができる。配向膜は電気絶縁性膜を兼ねていてもよい。また、それは柱状構造体と基板とを接着する接着剤を兼ねていてもよい。配向膜は第1基板の柱状構造体を形成すべき面上又は(及び)第2基板の柱状構造体に向けて被せられる面上に形成しておけばよい。また、第1基板上に柱状構造体を形成し、その上に配向膜を設けたものを用意し、一方、第2基板の片方の面に同様の配向膜を形成したものを用意し、両者の配向膜を高温にて貼り合わせることもでき、これにより該配向膜を接着剤を兼ねるものとすることができる。

【0020】また、本発明方法において、前記露光工程における露光処理は、それには限定されないが、例えれば、前記柱状構造体を形成できるように露光用開口を形成したフォトマスクで前記ホトレジスト材料塗膜を留め、該マスクの上から該塗膜に所定の光を照射することで行える。露光及び現像処理については、露光後のホトレジスト材料塗膜を現像液に接触させて、該ホトレジスト材料がポジタイプかネガタイプかに応じて、露光された部分又は露光されなかった部分を溶解等させて除去することで行える。

【0021】また、本発明方法において、前記露光工程前に、前記ホトレジスト材料塗膜に所定温度及び時間でプレベーリング処理を施してもよい。プレベーリング処理を行うことにより、ホトレジスト材料中の有機溶剤を除去することができる。また、前記露光工程後、前記現像工程前に、前記塗膜に所定温度及び時間で露光後ベーキング処理を施してもよい。このように、露光後にホトレジスト材料塗膜にベーキング処理を施すことにより、露光によるパターン形成を完結することができる。

【0022】さらに、必要に応じて、前記現像工程後であって前記基板重ね合わせ工程及び液晶配置工程前に、該現像工程により得られる柱状構造体に対しポスト露光処理及びポストベーキング処理を施してもよい。ポスト露光処理は、柱状構造体が形成された第1基板の全体に対して行えばよい。ポスト露光処理を行うことにより、ホトレジスト中の感光剤や反応促進剤等の添加物の液晶中への流出を抑制することができ、該添加物による液晶性能の低下をその分抑制することができる。また、ポスト露光処理及びポストベーキング処理を行うことにより、第1基板と柱状構造体との密着性を向上させることができる。

【0023】なお、本発明方法においては、柱状構造体が形成された第1基板上に第2基板を重ね設けた後に両基板間に液晶を封入してもよいが、第1基板上に形成された柱状構造体間の領域に液晶を満たした後、その上に第2基板を重ね設けて、第1及び第2基板で柱状構造体及び液晶を挟み込むことができる。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の1実施形態である液晶素子は、少なくとも一方が透明な、第1及び第2の電極付き基板を有する。該基板は、該電極が互いに向き合うように対向配置されている。また、該基板間に複数の柱状構造体が形成されている。該複数の柱状構造体はS P値が10～15の材料から得られる高分子物質からなるものである。前記基板間における前記柱状構造体間の空間には液晶が封入されている。

【0025】前記本発明の実施形態の液晶素子は、例えば次のようにして作製できる。前記高分子物質としてホトレジストを採用し、まず、第1の電極付き基板の電極形成面に、S P値が10～15のホトレジスト材料を所定の厚さで塗布する。ホトレジスト材料の塗布は、スピンドルコーティング法等の公知の方法で行える。ホトレジスト材料は、概ね3 μm～2.0 μm程度、より好ましくは5 μm～1.5 μm程度の厚膜となるように均一に塗布する。

【0026】本発明における「基板」は、可挠性のある又は可挠性に乏しい板状部材、柔軟性のあるフィルム等を含む概念のものであり、例えば、1対の基板のうち一方が複合膜を保持し得るだけの硬度を有する板状のものであり、他方が該複合膜を保護するための、例えばフィ

ルム状のものであることも考えられる。第1及び第2基板の双方がフィルム状等の柔軟な材料からなるものであっても勿論構わない。

【0027】第1及び第2の電極付き基板のうち少なくとも液晶素子観察側の電極付き基板を透明基板上に透明電極を形成したものとすればよい。透明基板の材料としては、例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン等の樹脂やガラス等を採用できる。透明電極としてはITO (Indium Tin Oxide)、SnO₂、InO₂等の材料からなる電極、薄い金属膜からなる電極等を用いることができる。

【0028】次いで、所望の柱状構造体を形成できるようなフォトマスクで前記ホトレジスト材料の塗膜を覆い、該マスクの外側から該塗膜に該ホトレジスト材料に応じた所定の光を照射する。なお、露光前又は(及び)露光後現像前に、前記ホトレジスト材料塗膜に対してベーキング処理を行ってもよい。露光前のベーキング(プレベーリング)処理は、具体的にはホトレジスト材料を塗布した基板をホットプレート上に載置することで行える。このときの加熱温度は例えば100℃以上にすることができる。露光後のベーキング(露光後ベーキング)処理も同様に、露光後のレジスト付き基板を例えば100℃以上のホットプレート上に載置することで行える。

【0029】次いで、露光後の塗膜を現像液に浸ける等して接触させ、該ホトレジスト材料がポジタイプかネガタイプかに応じて、露光部分又は未露光部分を溶解等して除去する。さらに、現像後の塗膜を純水等で洗浄し、乾燥させる。これにより、マスク形状に応じた柱状構造体が得られる。この後、必要に応じて、ポスト露光及び

30 ポストベーキング処理を行ってもよい。ポスト露光処理とは、柱状構造にバーニングされたレジスト付き基板の全体を露光する処理をいう。ポスト露光を行うことにより、基板とレジストの密着性を高めることができる。また、ポストベーキング処理は、具体的にはポスト露光後のレジスト付き基板をホットプレート上に載置することで行える。このときの加熱温度は例えば100℃以上にすることができる。ポストベーキングにより基板とレジストの密着性が向上する。

【0030】次いで、第2の電極付き基板を、その電極形成面を柱状構造体の方に向けてこれに重ね、第1の電極付き基板と第2の電極付き基板とで柱状構造体を挟み込む。次いで、液晶注入口を残し、樹脂等の封止剤を用いて第1及び第2基板周縁部間を封止する。なお、柱状構造体形成と同時に、同じホトレジスト材料を用いて第1基板の周縁部に封止壁を形成しておくこともできる。

【0031】このようにして得られた空セルの注入口から液晶を真空注入することにより、液晶素子が得られる。液晶の種類は特に限定されず、ネマティック液晶、スマートリック液晶、コレステリック相を示す液晶(コレステリック液晶、ネマティック液晶に所定のヘリカル

ピッチが得られるようにカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶等)等のいずれも用いることができる。

【0032】このようにして得られる本発明の1実施形態の液晶素子の1例の断面を図1に示す。この液晶素子は、第1電極付き基板1a及び第2の電極付き基板1bを有し、両基板は電極が対向するように配置されている。また、基板1a及び1bの間にはSP値1.0~1.5のホトレジスト材料から得られるホトレジストからなる複数の柱状構造体2が形成されており、基板1a、1b間の柱状構造体2間の空間には液晶3が満たされている。また、基板1a、1b間の周縁部には高分子体からなる封止壁4が形成されている。

【0033】この液晶素子によると、基板対1a、1b間に複数の柱状構造体2が予め形成され、柱状構造体2間の領域に液晶3が保持されているため、基板対1a、1bの少なくとも一方が柔軟な材料からなるものである場合にも、基板対間隔を所定の間隔に保つことができる。また、柱状構造体2を構成するホトレジストを得るためにホトレジスト材料は溶解度パラメータSPの値が1.0~1.5の範囲にあるため、これから得られるホトレジスト柱状構造体は、通常SP値が8以下である液晶3に対して溶解せず又は殆ど溶解せず、長期にわたり柱状構造体2の所定の形状が保持される。これにより、基板対1a、1bの間隔すなわち基板対間の液晶層の厚みを一定に保つことができ、所望のコントラスト及び反射率を保つことができる。なお、基板対間隔の維持にあたりスペーサーは特に必要ないが、柱状構造体を形成するとともにスペーサーを併用しても構わない。この場合、例えば第2基板1b上に予めスペーサーを散布しておき、柱状構造体を形成した第1基板1aと重ね合わせることによりセルを作製することができる。

【0034】また、柱状構造体2の材料としてホトレジストを採用し、一方の基板1a上にホトレジスト材料を所定厚さで予め塗布しておき、該塗膜を露光、現像して柱状構造体2を得る。さらに、柱状構造体2を形成した基板1aに新たな基板1bを重ね合わせて所定厚さの液晶層を形成できる。また、所望の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを介してホトレジスト材料塗膜を露光、現像して柱状構造体2を得るために、マスク形状に応じた極めて精度の良い柱状構造体2を得ることができる。

【0035】柱状構造物(柱状構造体)を構成する樹脂として、液晶との接触角が小さいものを用いることにより、駆動電圧やコントラストなどのデバイス特性をより良好なものとすることができます。液晶の種類にもよるが、例えば液晶との接触角が2.0°以下、より好ましくは1.7°以下となるような柱状構造物を用いることができる。

【0036】また、本発明の他の実施形態の液晶素子を

図2に示す。この液晶素子は、図1に示す液晶素子において、第1基板1aと柱状構造体2との間及び第2基板1bと柱状構造体2との間に、それぞれこれら基板の面積範囲にわたる電気絶縁性膜5が設けられたものである。その他の構成は、図1の液晶素子と同様であり、同じ部品には同じ参照符号を付している。この液晶素子によると、基板1a、1bの対向する面にそれぞれ設けられた電極間の電気的短絡が防止される。

【0037】この液晶素子を作製するにあたっては、電極付き基板1a、1bの電極形成面上に予めSiO_x等の電気絶縁性膜をスピンドルコート法、蒸着法等により形成しておく。この電極及び電気絶縁性膜付き基板1a、1bを用いて、図1の液晶素子の場合と同様にして液晶素子を作製する。また、本発明のさらに他の実施形態の液晶素子を図3に示す。この液晶素子は、図1に示す液晶素子において、第1基板1aと柱状構造体2との間及び第2基板1bと柱状構造体2との間に、それぞれこれら基板の面積範囲にわたる配向膜6が設けられたものである。その他の構成は、図1の液晶素子と同様であり、同じ部品には同じ参照符号を付している。この液晶素子によると、配向膜6の存在により、初期状態において液晶分子はその長軸方向が基板に垂直、平行又は一定角度傾いた方向に揃った配向状態となる。

【0038】この液晶素子を作製するにあたっては、電極付き基板1a、1bの電極形成面上に予めポリイミド配向膜、ポリアミック酸タイプ配向膜などの配向膜をスピンドルコーティング法等の方法により形成しておく。この電極及び配向膜付き基板1a、1bを用いて、図1の液晶素子の場合と同様にして液晶素子を作製する。また、

30 図4に示すように、第1基板1aと柱状構造体2との間及び第2基板1bと柱状構造体2との間に、それぞれこれら基板の面積範囲にわたる電気絶縁性膜5及び配向膜6がこの順に設けられた液晶素子も、本発明のさらに他の実施形態として挙げることができる。この液晶素子によると、基板1a、1bの対向する面にそれぞれ設けられた電極間の電気的短絡が防止されるとともに、初期状態において液晶分子が所定の配向状態となる。この液晶素子は、第1及び第2基板1a、1bの各電極形成面上に予め電気絶縁性膜5及び配向膜6を形成しておき、その他のは図1の液晶素子の場合と同様にして作製できる。

【0039】また、図5に示すように、第1基板1aと柱状構造体2との間に基板の面積範囲にわたる電気絶縁性膜5及び配向膜6がこの順に形成された液晶素子も、本発明のさらに他の実施形態として挙げることができる。この液晶素子によると、図3の液晶素子と同様に、基板1a、1bの対向する面にそれぞれ設けられた電極間の電気的短絡が防止されるとともに、初期状態において液晶分子が所定の配向状態となる。この液晶素子は、第1基板1aの電極形成面上に予め電気絶縁性膜5及び配向膜6を形成しておき、その他のは図1の液晶素子の場

合と同様にして作製できる。

【0040】また、図6に示すように、第2基板1bと柱状構造体2との間に基板の面積範囲にわたる電気絶縁性膜5及び配向膜6がこの順に形成された液晶素子も、本発明のさらに他の実施形態として挙げることができる。この液晶素子によると、図3の液晶素子と同様に、基板1a、1bの対向する面にそれぞれ設けられた電極間の電気的短絡が防止されるとともに、初期状態において液晶分子が所定の配向状態となる。この液晶素子は、第2基板1bの電極形成面上に予め電気絶縁性膜5及び配向膜6を形成しておき、その他は図1の液晶素子の場合と同様にして作製できる。

【0041】なお、図3、図4及び図6の液晶素子を作製するにあたり、第2基板1b上に配向膜をスピニング法等の方法で形成しておくに加えて、第1基板1a上に形成した柱状構造体2の上面に配向膜の材料をスプレー塗布し、高温(例えば200°C)で焼き締めることで配向膜を形成することもできる。この後、両基板1a及び1bの配向膜を高温(例えば200°C)の温度下で貼り合わせることにより、両基板1a、1b間の接着力を向上させることができる。

【0042】以上説明した液晶素子を電圧印加により駆動するにあたっては、高低2種類の電圧を印加して液晶分子の配列を切り換える。例えばコレステリック相を示す液晶を用いる場合、高低2種類のパルス電圧を印加し液晶分子の配列をプレーナ配列とフォーカルコニック配列との間で切替える。この状態は電圧印加停止後も安定に保持される。

【0043】コレステリック相を示す液晶は、ヘリカル軸が基板に対して垂直に並んだプレーナ配列状態でヘリカルピッチと該液晶の平均屈折率の積に対応する波長の光を選択的に反射する。従って、選択反射波長が例えば赤色域、青色域、緑色域にある液晶を用いれば、プレーナ配列状態で各波長の光を選択的に反射してそれぞれ赤、青、緑に着色して見える。また、各色の液晶層を積層することによりマルチカラー表示も可能である。また、選択反射波長を例えば赤外域に設定することにより透明に見える。カイラルネマティック液晶では、カイラル剤の添加量を調整してヘリカルピッチを調整することにより、選択反射波長を調整できる。

【0044】また、コレステリック相を示す液晶は、ヘリカル軸が不規則な方向を向いたフォーカルコニック配列状態で入射光を散乱して白濁して見える。コレステリック液晶の選択反射波長が可視域にある場合のように、そのヘリカルピッチが短いと散乱が小さくなってしまい、ヘリカル軸が基板に対してほぼ平行に並ぶようになり、透明に近い状態が得られる。

【0045】従って、プレーナ配列とフォーカルコニック配列の2状態を切り換えることにより、選択反射(プレーナ配列)ー透明(フォーカルコニック配列)、透明

(プレーナ配列)ー白濁(フォーカルコニック配列)等の表示を行うことができる。なお、ネマティック液晶を単独で用いる方法、例えば、偏光板2枚を直交させて液晶層を挟んで設置し、上部偏光板を通過した光を液晶分子の光学異方性 Δn の効果により液晶分子のねじれに沿って回転させ、下部の偏光板を通過させることによって明るい状態とする一方、液晶層に境界を印加し液晶分子のねじれが解けた状態においては、偏光面を回転させる効果がないため入射光は下部の偏光板によって遮られ暗

10 い状態となる、いわゆるTN方式にも適用可能である。

【0046】

【実施例】以下、本発明を実施例を挙げて具体的に説明するが、本発明はそれらの実施例に限定されるものではない。以下の各例において、反射率の測定は反射型分光測色計CM-1000(ミノルタ社製)を用いて分光反射率(Y値)を測定することで行った。Y値が小さいほど透明である。また、コントラストは(高反射率状態でのY値/低反射率状態でのY値)で与えられる。

実施例1

20 良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を200°Cで30分間脱水ペーリングし、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料(SP値10、ネガ型、JSR社製)を5μm、12μm、18μmの厚膜となるようにそれぞれスピニングコートした。次いで、該塗膜を100°Cで5分間プレーベーキングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光した。次いで、100°Cで3分間露光後ペーリングを行い、現像を行った。次いで、純水で洗浄後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と100°Cで5分間のポストペーリングを行い、柱状構造体を得た。

30 【0047】なお、ホトレジスト材料のSP値は、予めSP値の分かっている有機溶剤と混合し、相溶する(透明状態を維持する)か相溶しない(白濁する)かを目視にて判断し、該ホトレジスト材料が相溶した有機溶剤のSP値と同じであるとした。以下の各実施例においても同様である。膜厚計で柱状構造体の高さを測定したところ、それぞれ5μm、12μm、18μmの膜厚であった。以上の工程により得られる柱状構造体の高さは基板上に塗布したホトレジスト材料の厚みと同じであることが確認された。

40 【0048】次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、第2のITO電極付きガラス基板を電極形成面を該柱状構造体の方に向けて被せ、スペーサ入りの封止剤フォトレック(積水ファインケミカル社製)を用いて基板周縁部間を封止及び接着し、空セルを得た。次いで、空セルにSP値7の、エスティル系ネマティック液晶(屈折率異方性 $\Delta n=0.170$ 、誘電率異方性 $\Delta \epsilon=30$ 、等方相への相転移温度 $T_{\text{c}}=100^{\circ}\text{C}$)にカイラル材料

(S-811、メルク社製)を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。5 μmの柱状構造体を有する空セルには青色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、12 μmの柱状構造体を有する空セルには緑色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、18 μmの柱状構造体を有する空セルには赤色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、液晶素子を得た。

【0049】これらの液晶素子に比較的高いパルス電圧を印加すると、パルス電圧除去後、液晶がプレーナ状態となってそれぞれ青、緑及び赤に表示された。また、これらの液晶素子に比較的低いパルス電圧を印加すると、パルス電圧除去後、いずれも透明状態となった。各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 50 V (プレーナ配列)、コントラストは5.4、プレーナ配列での反射率は23%であった。緑では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 60 V (プレーナ配列)、コントラストは14.6、プレーナ配列での反射率は22%であった。赤では駆動電圧は55 V (フォーカルコニック配列) / 100 V (プレーナ配列)、コントラストは4、プレーナ配列での反射率は27%であった。

【0050】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計 (協和界面科学社製、CA-X) を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で6°、緑で13°、赤で12°であった。

実施例2

前記実施例1において、前記ホトレジスト材料 (SP値10) に代えて、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料 (SP値15、ネガ型、JSR社製) を用いた他は、前記実施例1と同様にして青、緑及び赤色表示を行える各液晶素子を得た。

【0051】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 55 V (プレーナ配列)、コントラストは5.2、プレーナ配列での反射率は24%であった。緑では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 60 V (プレーナ配列)、コントラストは15.3、プレーナ配列での反射率は23%であった。赤では駆動電圧は50 V (フォーカルコニック配列) / 95 V (プレーナ配列)、コントラストは4.5、プレーナ配列での反射率は28%であった。

【0052】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、

前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計 (協和界面科学社製、CA-X) を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で5°、緑で15°、赤で11°であった。

実施例3

前記実施例1において、前記ホトレジスト材料 (SP値10) に代えて、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料 (SP値12、ネガ型、JSR社製) を用いた他は、前記実施例1と同様にして青、緑及び赤色表示を行

10 える各液晶素子を得た。

【0053】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は29 V (フォーカルコニック配列) / 52 V (プレーナ配列)、コントラストは5.4、プレーナ配列での反射率は24%であった。緑では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 60 V (プレーナ配列)、コントラストは14.9、プレーナ配列での反射率は23%であった。赤では駆動電圧は50 V (フォーカルコニック配列) / 100 V (プレーナ配列)、コントラストは4.2、プレーナ配列での反射率は28%であった。

【0054】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計 (協和界面科学社製、CA-X) を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で5°、緑で14°、赤で13°であった。

実施例4

前記実施例1において、前記ホトレジスト材料 (SP値10) に代えて、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料 (SP値14、ネガ型、JSR社製) を用いた他は、前記実施例1と同様にして青、緑及び赤色表示を行える各液晶素子を得た。

【0055】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 53 V (プレーナ配列)、コントラストは5.3、プレーナ配列での反射率は23%であった。緑では駆動電圧は30 V (フォーカルコニック配列) / 59 V (プレーナ配列)、コントラストは15.1、プレーナ配列での反射率は23%であった。赤では駆動電圧は50 V (フォーカルコニック配列) / 98 V (プレーナ配列)、コントラストは4.3、プレーナ配列での反射率は28%であった。

【0056】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計 (協和界面科学社製、CA-X) を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で5°、緑で13°、赤で12°であった。

50

実施例5

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を乾燥炉内で80°Cで15分間加熱した後、ポリイミド配向膜をスピンドルコートで、ホットプレートにて80°Cで5分間加熱し、乾燥炉内で180°Cで2時間加熱した。この配向膜付き第1基板を200°Cで30分間脱水ペーリングし、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料(S P値10、ネガ型、JSR社製)をスピンドルコートした。次いで、該塗膜を100°Cで5分間プレベーリングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光した。次いで、100°Cで3分間露光後ペーリングし、現像を行った。次いで、純水で洗浄後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と100°Cで5分間のポストベーリングを行い、柱状構造体を得た。膜厚計で柱状構造体の高さを測定したところ7μmであった。

【0057】次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、同様にしてITO電極形成面にポリイミド配向膜を形成した第2のガラス基板を配向膜形成面を該柱状構造体の方に向けて被せ、スペーサー入りの封止剤フォトレック(積水ファインケミカル社製)を用いて基板周縁部間に封止及び接着し、空セルを得た。次いで、この空セルにS P値7の緑色領域に選択反射波長を有する、エスティル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。

【0058】この液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、駆動電圧は6.0V(フォーカルコニック配列)/9.0V(プレーナ配列)、コントラストは8.1、プレーナ配列での反射率は2.7%と、良好なデバイス特性が得られた。また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記液晶を滴下し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて柱状構造体と液晶との接触角を測定したところ、14°であった。

実施例6

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を200°Cで30分間脱水ペーリングし、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料(S P値10、ネガ型、JSR社製)をスピンドルコートした。次いで、該塗膜を100°Cで5分間プレベーリングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光した。次いで、100°Cで3分間露光後ペーリングし、現像を行った。次いで、純水で洗浄後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と100°Cで5分間のポストベーリングを行い、柱状構造体を得た。この柱状構造体の高さを測定したところ7μmであった。

【0059】次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、

ポリアミック酸タイプの配向膜を設けた。この配向膜は、柱状構造体上に配向膜材料をスプレー塗布し、200°Cで焼き締めることで形成した。また、第2のITO電極付きガラス基板の該電極形成面上にも同じ配向膜を設け、該配向膜を第1電極上の配向膜と合わせるようにしてこれに被せ、温度200°Cにて両配向膜を貼り合わせた。また、スペーサー入りの封止剤フォトレック(積水ファインケミカル社製)を用いて基板周縁部間に封止及び接着し、空セルを得た。

10 【0060】この空セルにS P値7の緑色に選択反射波長を有する、エスティル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。この液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、駆動電圧は3.5V(フォーカルコニック配列)/6.5V(プレーナ配列)、コントラストは8、プレーナ配列での反射率は2.3%と、良好なデバイス特性が得られた。

【0061】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、20 前記液晶を滴下し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて柱状構造体と液晶との接触角を測定したところ、1.6°であった。

実施例7

前記実施例1において、S P値7のカイラルネマティック液晶に代えて、S P値7のエスティル系ネマティック液晶(屈折率異方性 $\Delta n = 0.170$ 、誘電率異方性 $\Delta \epsilon = 3.0$ 、等方相への相転移温度 $T_{c,i} = 100^{\circ}\text{C}$)を用いた他は、前記実施例1と同様にして液晶素子を得た。

【0062】この液晶素子の上下に互いに直交する偏光板を配置しTN方式の液晶素子を構成した。そして、この液晶素子に電圧を印加して素子特性を測定したところ、駆動電圧0Vで透過率9.3%、駆動電圧2.3Vで透過率1.0%の良好なデバイス特定が得られた。また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記ネマティック液晶を滴下し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて柱状構造体と液晶との接触角を測定したところ1.3°であった。

実施例8

40 前記実施例3において、S P値7のカイラルネマティック液晶に代えて、S P値7のエスティル系ネマティック液晶(屈折率異方性 $\Delta n = 0.170$ 、誘電率異方性 $\Delta \epsilon = 3.0$ 、等方相への相転移温度 $T_{c,i} = 100^{\circ}\text{C}$)を用いた他は、前記実施例3と同様にして液晶素子を得た。

【0063】この液晶素子の上下に互いに直交する偏光板を配置しTN方式の液晶素子を構成した。そして、この液晶素子に電圧を印加して素子特性を測定したところ、駆動電圧0Vで透過率9.5%、駆動電圧2.3Vで透過率1.2%の良好なデバイス特定が得られた。また、50 前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的

に露光して得たレジスト膜の上に、前記ネマティック液晶を滴下し、接触角計（協和界面科学社製、CA-X）を用いて柱状構造体と液晶との接触角を測定したところ、16°であった。

実施例9

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を20°Cで30分間脱水ベーキングし、アクリル系樹脂からなるホトレジスト材料（SP値1.1、ポジ型、東京応化工業社製）を3μm、10μm、19μmの厚膜となるようにそれぞれスピンドルコートを行った。次いで、該塗膜を110°Cで3分間プレベーキングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光し、常温で現像を行った。次いで、純水で洗浄後、乾燥させた後、3%シウ酸アンモニウムで洗浄し、純水で洗浄し、乾燥させた。さらに、ポスト露光と220°Cで3分間のポストベーキングを行い、柱状構造体を得た。

【0064】膜厚計で柱状構造体の高さを測定したところ、それぞれ3μm、10μm、19μmの膜厚であった。以上の工程により得られる柱状構造体の高さは基板上に塗布したホトレジスト材料の厚みと同じであることが確認された。次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、第2のITO電極付きガラス基板を電極形成面を該柱状構造体の方に向けて被せ、スペーサー入りの封止剤フォトレック（横水ファインケミカル社製）を用いて基板周縁部間を封止及び接着し、空セルを得た。次いで、空セルにSP値7の、エスチル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。3μmの柱状構造体を有する空セルには青色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、10μmの柱状構造体を有する空セルには緑色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、各液晶素子を得た。

【0065】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は4.5V（フォーカルコニック配列）/7.0V（プレーナ配列）、コントラストは2.5、プレーナ配列での反射率は27%であった。緑では駆動電圧は4.0V（フォーガルコニック配列）/8.5V（プレーナ配列）、コントラストは7.9、プレーナ配列での反射率は3.0%であった。赤では駆動電圧は6.0V（フォーカルコニック配列）/11.5V（プレーナ配列）、コントラストは2.3、プレーナ配列での反射率は31%であった。

【0066】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、

前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計（協和界面科学社製、CA-X）を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で10°、緑で12°、赤で16°であった。

実施例10

前記実施例9において、前記ホトレジスト材料（SP値1.1）に代えて、アクリル系樹脂からなるホトレジスト材料（SP値1.4、ポジ型、東京応化工業社製）を用いた他は、前記実施例9と同様にして青、緑及び赤色表示を行える各液晶素子を得た。

【0067】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は5.0V（フォーカルコニック配列）/8.0V（プレーナ配列）、コントラストは2.3、プレーナ配列での反射率は25%であった。緑では駆動電圧は4.5V（フォーカルコニック配列）/9.0V（プレーナ配列）、コントラストは7.6、プレーナ配列での反射率は29%であった。赤では駆動電圧は6.5V（フォーカルコニック配列）/12.5V（プレーナ配列）、コントラストは2.0、プレーナ配列での反射率は29%であった。

【0068】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計（協和界面科学社製、CA-X）を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で11°、緑で13°、赤で17°であった。

実施例11

前記実施例1において、前記ITO電極付きガラス基板に代えて、ITO電極付きプラスチック製基板を用い、200°Cでの基板の脱水ベーキングを行わなかった他は、前記実施例1と同様にして青、緑及び赤色表示を行える各液晶素子を得た。

【0069】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は3.0V（フォーカルコニック配列）/5.0V（プレーナ配列）、コントラストは5.4、プレーナ配列での反射率は23%であった。緑では駆動電圧は3.0V（フォーカルコニック配列）/

40 6.0V（プレーナ配列）、コントラストは1.4.6、プレーナ配列での反射率は22%であった。赤では駆動電圧は5.5V（フォーカルコニック配列）/10.0V（プレーナ配列）、コントラストは4、プレーナ配列での反射率は27%であった。

【0070】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑及び赤の各液晶を滴下し、接触角計（協和界面科学社製、CA-X）を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で9°、緑で16°、赤で15°であった。

実施例12

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を20°Cで30分間脱水ベーキングし、メラミン系樹脂からなるホトレジスト材料(S P値10、ネガ型、JSR社製)を5μm、12μm、18μmの厚膜となるようにそれぞれスピンドルコートを行った。次いで、該塗膜を100°Cで5分間プレベーキングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光した。次いで、100°Cで3分間露光後ベーキングを行い、現像を行った。次いで、純水で洗净後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と100°Cで5分間のポストベーキングを行い、柱状構造体を得た。

【0071】次いで、電極形成面に直径5μm、12μm、18μmのスペーサを散布した第2のITO電極付きガラス基板を準備し、第1基板上の柱状構造体の上に、第2のITO電極付きガラス基板を電極形成面(スペーサ散布面)を該柱状構造体の方に向けて被せた。さらに、スペーサ入りの封止剤XN-21-S(三井化学社製)を用いて基板周縁部間を封止し、基板両側から治具を用いて加圧しながら180°Cで2時間加熱して該封止剤を硬化させて両基板を接着し、空セルを得た。このとき、膜厚計を用いてセルギャップを測定したところ、それぞれ5μm、12μm、18μmであった。

【0072】次いで、空セルにS P値7の、エスティル系ネマティック液晶(屈折率異方性 $\Delta n = 0.170$ 、誘電率異方性 $\Delta \epsilon = 30$ 、等方相への相転移温度 $T_{\text{tr}} = 100^{\circ}\text{C}$)にカイラル材料(S-811、メルク社製)を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。5μmの柱状構造体を有する空セルには青色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、12μmの柱状構造体を有する空セルには緑色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、18μmの柱状構造体を有する空セルには赤色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、液晶素子を得た。

【0073】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、以下に示すように良好な性能が得られた。すなわち、青では駆動電圧は3.0V(フォーカルコニック配列)／5.0V(プレーナ配列)、コントラストは5.3、プレーナ配列での反射率は2.2%であった。緑では駆動電圧は3.0V(フォーカルコニック配列)／6.0V(プレーナ配列)、コントラストは14.5、プレーナ配列での反射率は2.2%であった。赤では駆動電圧は5.0V(フォーカルコニック配列)／9.5V(プレーナ配列)、コントラストは3.9、プレーナ配列での反射率は2.6%であった。

【0074】なお、この実施例12は、前記実施例1に

おいて、ホトレジスト材料塗膜の膜厚と同じ直径のスペーサを用いたものであるが、実施例1で形成された柱状構造体の高さと同じセルギャップが得られた。また、この液晶素子の駆動電圧、コントラスト及びプレーナ配列での反射率は、それぞれ実施例1の液晶素子と略同じであった。これらのことから、柱状構造体を形成するとともにスペーサを併用しても、デバイス特性には影響を及ぼさないとともに、スペーサを用いない場合と同様に所望の厚さの液晶層が得られることが分かる。

10 比較例1

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を20°Cで30分間脱水ベーキングし、アクリル系樹脂からなるホトレジスト材料(S P値8、ネガ型、JSR社製)を5μm、12μm、18μmの厚膜となるようにそれぞれスピンドルコートを行った。次いで、該塗膜を90°Cで5分間プレベーキングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光し、現像を行った。

20 次いで、純水で洗净後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と130°Cで5分間のポストベーキングを行い、柱状構造体を得た。

【0075】膜厚計で柱状構造体の高さを測定したところ、それぞれ5μm、12μm、18μmの膜厚であった。次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、第2のITO電極付きガラス基板を電極形成面を該柱状構造体の方に向けて被せ、スペーサ入りの封止剤フォトレック(積水ファインケミカル社製)を用いて基板周縁部間を封止及び接着し、空セルを得た。次いで、空セルにS P

30 値7の、エスティル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。5μmの柱状構造体を有する空セルには青色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、12μmの柱状構造体を有する空セルには緑色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、18μmの柱状構造体を有する空セルは用いなかった。

【0076】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、青では駆動電圧は2.5V(フォーカルコニック配列)／6.5V(プレーナ配列)、コントラストは1.3、プレーナ配列での反射率は2.8%であり、コントラストが非常に低かった。また、緑では駆動電圧は4.0V(フォーカルコニック配列)／9.0V(プレーナ配列)、コントラストは5.9、プレーナ配列での反射率は1.8%であり、プレーナ状態での反射率が非常に低かった。

【0077】なお、前記と同様にして得た高さ7μmの柱状構造体間に、前記と同様のS P値7の、エスティル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶(緑色に選択反射波長を有するもの)を

50

満たし、2時間放置した後、該液晶をn-ヘキサンで洗い流し、乾燥させた。この柱状構造体に金を蒸着したサンプルを走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察したところ、外形が崩れ、高さが低下していた。

【0078】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑の各液晶及び別途調製した赤の液晶を滴下し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で21°、緑で17°、赤で25°であった。

比較例2

良く洗浄された第1のITO電極付きガラス基板を20°Cで30分間脱水ベーキングし、アクリル系樹脂からなるホトレジスト材料(S P値7、ネガ型、JSR社製)を5μm、12μm、18μmの膜厚となるようにスピンドルコートィングした。次いで、該塗膜を80°Cで5分間プレベーキングし、複数の柱状構造体が得られるような複数の開口を有するフォトマスクを該塗膜上に設け、該フォトマスクを介して該ホトレジスト材料塗膜を紫外線照射装置を用いて露光し、現像を行った。次いで、純水で洗浄後、乾燥させた。さらに、ポスト露光と110°Cで5分間のポストベーキングを行い、柱状構造体を得た。

【0079】膜厚計で柱状構造体の高さを測定したところ、それぞれ5μm、12μm、18μmの膜厚であった。次いで、第1基板上の柱状構造体の上に、第2のITO電極付きガラス基板を電極形成面を該柱状構造体の方に向けて被せ、スペーサー入りの封止剤フォトレック(積水ファインケミカル社製)を用いて基板周縁部間に封止及び接着し、空セルを得た。次いで、空セルにS P値7の、エステル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶を注入した。5μmの柱状構造体を有する空セルには青色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、12μmの柱状構造体を有する空セルには緑色領域に選択反射波長を有するようにカイラル材料の添加量を調整した液晶を注入し、液晶素子を得た。なお、18μmの柱状構造体を有する空セルは用いなかった。

【0080】各液晶素子に電圧印加してデバイス性能を測定したところ、青では駆動電圧は28V(フォーカルコニック配列)／6.7V(プレーナ配列)、コントラストは1.1、プレーナ配列での反射率は2.7%であり、コントラストが非常に低かった。また、緑では駆動電圧は3.8V(フォーカルコニック配列)／8.8V(プレーナ配列)、コントラストは5.7、プレーナ配列での反射率は1.7%であり、プレーナ状態での反射率が非常に低かった。

【0081】なお、前記と同様にして得た高さ12μmの柱状構造体間に、前記と同様のS P値7の、エステル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラル

ネマティック液晶(緑色に選択反射波長を有するもの)を満たし、2時間放置した後、該液晶をn-ヘキサンで洗い流し、乾燥させた。この柱状構造体に金を蒸着したサンプルを走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察したところ、溶解が進み外形が著しく崩れ、高さが低下していた。

【0082】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑の各液晶及び別途調製した赤の液晶を滴下

10 し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で23°、緑で19°、赤で28°であった。

比較例3

良く洗浄された第一のITO電極付きガラス基板を20°Cで30分間脱水ベーキングし、環化ポリイソブレン系ホトレジスト(S P値7、ネガ型、東京応化製OMR-83)を7μmの膜厚となるようにスピンドルコートィングし、フォトマスクを用いて露光し、現像をへて柱状構造を得た。この7μmの柱状構造体間に、前記と同様のS

20 P値7の、エステル系ネマティック液晶にカイラル材料を添加したカイラルネマティック液晶(緑に選択波長を有するもの)を満たし、2時間放置した後、該液晶をn-ヘキサンで洗い流し、乾燥させた。この柱状構造体に金を蒸着したサンプルを走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察したところ、外形が崩れ、高さが低下していた。

【0083】また、前記と同様の工程で、但しフォトマスクを介さず全面的に露光して得たレジスト膜の上に、前記青、緑の各液晶及び別途調整した赤の液晶を滴下し、接触角計(協和界面科学社製、CA-X)を用いて

30 柱状構造体と各液晶との接触角を測定した。接触角は青で25°、緑で19°、赤で27°であった。以上の結果、ホトレジスト材料のS P値が1.0～1.5の範囲にある本発明実施例1～1.2により得られた液晶素子は、S P値が8以下の範囲にある液晶と組み合わせ使用した場合に、いずれも良好なコントラスト及び反射率を示したことが分かる。これに対して、ホトレジスト材料のS P値が7又は8である比較例1及び2により得られた各液晶素子は、S P値7の液晶と組み合わせ使用した場合に、十分なコントラスト及び反射率が得られなかったことが分かる。

【0084】なお、最終的に得られる柱状構造体の高さは基板上に塗布したホトレジスト材料膜の厚みと同様であったことから、ホトレジスト材料を用いた本発明方法により、スペーサーを用いなくても、所望の高さの柱状構造体を簡単に形成できることも分かる。なお、ホトレジストからなる柱状構造体を形成するとともにスペーサーを併用しても、同様の良好なデバイス特性を有する液晶素子が得られることも分かる。

【0085】

50 【発明の効果】以上説明したように本発明によると、少

なくとも一方が透明な一对の基板間に液晶を封入した液晶素子であって、従来素子に比べて基板の硬軟に影響されることなく、また、長期にわたり液晶層の厚みを一定に保つことができ、これにより所望のコントラスト及び反射率が安定的に得られる液晶素子及びその簡単な製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【図2】本発明の他の実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【図3】本発明のさらに他の実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【図4】本発明のさらに他の実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【図5】本発明のさらに他の実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【図6】本発明のさらに他の実施形態である液晶素子の断面を示す図である。

【符号の説明】

1a、1b 電極付き基板

2 柱状構造体

10 3 液晶

4 封止壁

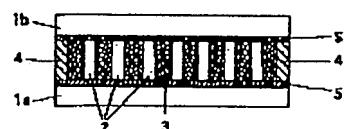
5 電気絶縁性膜

6 配向膜

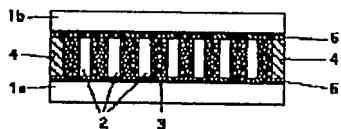
【図1】



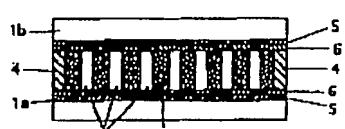
【図2】



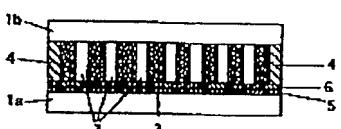
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 植田 秀昭

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル、ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2H089 LA09 MA04X NA14 PA01

QA14 RA04 SA17

JP2000-029035_E

[Title of the Invention] LIQUID CRYATAL ELEMENT AND
METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

[Abstract]

[Object] There are provided a liquid crystal element which can be formed by enclosing a liquid crystal between a pair of substrates having at least one transparent substrate, which is not affected by hardness or softness of substrates compared with a conventional liquid crystal element, and can keep the thickness of the liquid crystal layer constant over a long period and stably obtain desired contrast and reflectance, and a simple method of manufacturing the same.

[Solving Means] This liquid crystal element includes: first and second substrates 1a and 1b, at least one of which is transparent and which are disposed opposite to each other; a plurality of columnar structures 2 which are installed between the substrates 1a and 1b; and a liquid crystal 3 which is enclosed in a space among the columnar structures 2 between the substrates 1a and 1b, wherein the columnar structures 2 are formed of photoresist obtained from a photoresist material with an SP value of 10-15.

[Claims]

[Claim 1] A liquid crystal element comprising:
a first substrate and a second substrate, at least one

of which is transparent and which are disposed opposite to each other;

a plurality of columnar structures installed between the first and second substrates; and

a liquid crystal enclosed within a space between the columnar structures provided between the first and second substrates,

wherein the columnar structures are formed of a polymer material obtained from a material with an SP value of 10-15.

[Claim 2] The liquid crystal element according to Claim 1, wherein the polymer material is photoresist.

[Claim 3] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 and 2, wherein each of the columnar structures formed of the polymer material has a height of about 3 to 20 μm .

[Claim 4] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 and 2, wherein each of the columnar structures formed of the polymer material has a height of about 5 to 15 μm .

[Claim 5] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 through 4, wherein each of the first and second substrates has an electrode, and the first and second substrates are disposed such that the corresponding electrodes are disposed opposite to each other.

[Claim 6] The liquid crystal element according to any one

of Claims 1 through 5, wherein at least one of the first and second substrates, which is disposed on the observing side of the liquid crystal element, is one of a transparent glass plate and a transparent synthetic resin film.

[Claim 7] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 through 6, wherein the peripheral edges of the first and second substrates are joined by means of a sealing material.

[Claim 8] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 through 7, wherein an insulating layer is formed between the columnar structures and the first and/or second substrates.

[Claim 9] The liquid crystal element according to any one of Claims 1 through 8, wherein an alignment layer is formed between the columnar structures and the first and/or second substrates.

[Claim 10] A method of manufacturing a liquid crystal element, the method comprising:

coating a photoresist material with an SP value of 10-15 on one surface of a first substrate to a predetermined thickness;

forming a predetermined exposure pattern by exposing the photoresist material coating layer;

obtaining a plurality of columnar structures corresponding to the exposure pattern by developing the

coating layer;

covering the columnar structures with a second substrate so that the second substrate overlaps the first substrate; and

disposing a liquid crystal between the columnar structures.

[Claim 11] The method according to Claim 10, wherein the photoresist material is coated to a thickness of about 3 to 20 μm .

[Claim 12] The method according to Claim 10, wherein the photoresist material is coated to a thickness of about 5 to 15 μm .

[Claim 13] The method according to any one of Claims 10 through 12, further comprising, before exposing the photoresist material coating layer, pre-baking the photoresist material coating layer.

[Claim 14] The method according to any one of Claims 10 through 13, further comprising, after exposing the photoresist material coating layer and before developing the coating layer, performing a post-exposure baking process on the photoresist material coating layer.

[Claim 15] The method according to any one of Claims 10 through 14, further comprising, after developing the photoresist material coating layer and before overlapping the first and second substrates, performing a post-exposure

process and a post-baking process on the columnar structures obtained by the developing process.

[Claim 16] The method according to any one of Claims 10 through 15, wherein substrates having respective electrodes are used as the first and second substrates, respectively, and wherein the photoresist material is coated on a surface of the first substrate on which an electrode is formed and, simultaneously, covered with the second substrate such that a surface of the second substrate on which an electrode is formed faces the columnar structures.

[Claim 17] The method according to any one of Claims 10 through 16, wherein at least one of the first and second substrates, which is disposed on the observing side of the liquid crystal element, makes use of one of a transparent glass plate and a transparent synthetic resins film.

[Claim 18] The method according to any one of Claims 10 through 17, further comprising joining the peripheral edges of the first and second substrates by means of a sealing material.

[Claim 19] The method according to any one of Claims 10 through 18, further comprising forming an alignment layer between the columnar structures and the first and/or second substrates.

[Claim 20] The method according to any one of Claims 10 through 19, further comprising forming an insulating

layer between the columnar structures and the first and/or second substrates.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to a liquid crystal element in which columnar structures and a liquid crystal are disposed between two substrates at least one of which is transparent and a method of manufacturing the same.

[0002]

[Description of the Related Art]

For a liquid crystal element in which a liquid crystal is enclosed between two substrates, it is important to keep a gap between the substrates (i.e., a liquid crystal layer thickness) constant in order to obtain predetermined contrast and reflectance with a predetermined driving voltage. In order to keep the gap between the substrates constant, a plurality of grain-shaped spacers formed of plastic or glass have conventionally been formed between the substrates. For this, the spacers may be previously mixed with a liquid crystal material that will be scattered on one of the substrates before the substrates are joined.

[0003]

However, it is technically difficult to uniformly scatter a large number of spacers on a desired range of area.

Also, when at least one of the substrates is a flexible film or sheet, even if the spacers are interposed between the substrates, the thickness of the liquid crystal layer varies to some extent due to pressure applied to the surfaces of the substrates so that display may be changed. Further, in the conventional method using the spacers, it is hard to keep the liquid crystal layer in a predetermined shape over a long period. Therefore, a method of forming weirs between liquid crystal regions of the substrates by using, for example, resins, to a predetermined thickness has been proposed.

[0004]

For example, according to Japanese Laid-Open Publication No. sho 62-203123, a liquid crystal element in which a liquid crystal is enclosed between a pair of flexible substrates having electrodes is provided. In this element, a weir that has a uniform-thickness matrix shape and is formed of continuous polymers is attached between the substrates, and liquid crystals are respectively enclosed in a plurality of cells that are separated into one another by the weir. In this structure, it is not necessary to seal the peripheral edges of the substrates in order to prevent leakage of a liquid crystal from the peripheral edges of the substrates. Also, a liquid crystal element having any size or shape can be obtained by cutting a large-area or long

liquid crystal device.

[0005]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, even in the liquid crystal element according to Japanese Laid-Open Publication No. sho 62-203123, a polymer material is melted in a liquid crystal, the characteristics of the liquid crystal are deteriorated, or the shape of a weir changes with the passage of time according to the type of polymer material that forms the weir. In these cases, sufficient contrast and reflectance cannot be obtained. Also, a driving voltage required for driving the liquid crystal is not uniformized throughout a liquid crystal region. Because of this, the driving voltage should be elevated to drive the entire liquid crystal region equally.

[0006]

In order to solve the above-mentioned problems, an object of the present invention is to provide a method of manufacturing a liquid crystal display which is not affected by hardness or softness of substrates compared with a conventional liquid crystal element, to be able to keep liquid crystal layer thickness constant over a long period and to stably obtain a desired contrast and reflectance thereby. Also, another object of the present invention is to provide a liquid crystal display having new construction.

[0007]

[Means for Solving the Problems]

In order to accomplish the above-mentioned objects, the present inventor came to the following conclusions after doing research over and over again.

- When at least one of substrates is formed of a flexible material, it is desirable that a plurality of columnar structures are formed between the substrates and a liquid crystal is filled within a space between the columnar structures in order to keep a predetermined gap between the substrates.
- The columnar structures are formed of, for example, photoresist. A photoresist material is coated on one of the substrates to a predetermined thickness, and the coating layer is exposed and developed using a predetermined photo mask so that the columnar structures can be formed to a desired height without using spacers. Also, by making use of the exposure method using the photo mask, ultrahigh-precision columnar structures can be obtained.
- There is a solubility parameter (SP) as a principal parameter that represents an interaction between a polymer material and a solvent. When the columnar structures are formed of a polymer material obtained from a material with an SP value of 10-15, the flow of the polymer material into the liquid crystal is negligibly reduced and the shape of

the columnar structures can be held constant. As a result, the thickness of the liquid crystal can be kept to be constant.

[0008]

According to the above conclusions, the present invention provides a liquid crystal element which is equipped with a first substrate and a second substrate, at least one of which is transparent, disposed to face oppositely, a plurality of columnar structures provided between the substrates, and a liquid crystal enclosed within a space between the columnar structures provided between the substrates. The columnar structures are formed with photoresist obtained from a photoresist material with an SP value of 10-15.

[0009]

In the liquid crystal element of the present invention, a plurality of columnar structures formed of a polymer material are previously formed between the two substrates, and the liquid crystal is held in a space between the columnar structures. Thus, even if at least one of the substrates is formed of a flexible material, a predetermined gap between the substrates can be kept. Also, the gap between the substrates can be kept without using spacers. Also, in comparison with a typical liquid crystal with an SP value of 8 or less, the polymer material that forms the

columnar structures has an SP value of 10 to 15. Accordingly, since the polymer material is not (or hardly) melted in the liquid crystal, the columnar structures can keep themselves in a predetermined shape over a long term. As a result, a gap between the substrates (i.e., a liquid crystal thickness between the substrates) can be kept to be constant, and desired contrast and reflectance can be obtained.

[0010]

Also, the SP value of a material can be measured by mixing a material to be measured with a solvent having a known SP value and detecting whether the material is melted in the solvent or not. When the material for obtaining the polymer material has an SP value of 10 or less, its SP value becomes similar to the SP value of liquid crystal so that the polymer material that forms the columnar structures easily flows into the liquid crystal. When the material for obtaining the polymer material has an SP value of 15 or more, the polymer material becomes highly hygroscopic, and the columnar structures absorb moisture, thus degrading the performance of the liquid crystal.

[0011]

Although the kinds of polymer material are not specially limited, a desired gap between substrates is simply obtained by adopting photoresist. Also, according to

the above conclusions, the present invention provides a method of manufacturing a liquid crystal element comprising coating a photoresist material with an SP value of 10-15 on one surface of a first substrate to a predetermined thickness; forming a predetermined exposure pattern by exposing the photoresist material coating layer; obtaining a plurality of columnar structures corresponding to the exposure pattern by developing the coating layer; covering the columnar structures with a second substrate so that the second substrate overlaps the first substrate; and disposing a liquid crystal between the columnar structures.

[0012]

According to the method of manufacturing a liquid crystal element of the present invention, photoresist is adopted for a material that forms the columnar structures, a photoresist material is previously coated on one of the substrates to a predetermined thickness, and the coating layer is exposed and developed, thereby obtaining the columnar structures. Also, a substrate having the columnar structures is covered with a new substrate so that the columnar structures are interposed between the two substrates, thus allowing formation of a liquid crystal layer to a predetermined thickness. Also the photoresist material coating layer is exposed and developed using a photo mask having a plurality of openings, which have the

same shape as desired columnar structures, with the result that ultrahigh-precision columnar structures can be obtained.

[0013]

Also, in the present invention, a 「photoresist material」 refers to an original material for obtaining photoresist through exposure and developing processes, and 「photoresist」 refers to a material that is obtained by exposing and developing the photoresist material. In the case of a negative type, the photoresist material is monomer or oligomer, and an exposed portion is polymerized and changed into a polymer material, while an unexposed portion is removed through the developing process. In the case of a positive type, the photoresist material is a polymer material, and an exposed portion becomes highly soluble in an alkali developing solution and removed by the developing process, while an unexposed portion remains as the polymer material.

[0014]

In the liquid crystal element and method of manufacturing the same of the present invention, columnar structures may have any sectional shape, for example, a polygonal shape such as a circular or square shape or a weir shape. In any case, the columnar structures are formed such that a continuous liquid crystal region is formed between two substrates. The height of the columnar structures

depends on the diameters of the individual columnar structures and the distribution density of the columnar structures. However, the columnar structures may be formed to a height of, but not limited to, about 3 to 20 μm , more preferably, 5 to 15 μm in order to enclose a liquid crystal between the substrates to a predetermined thickness and prevent bucking of the substrates due to external load.

[0015]

When a ratio of an area occupied by columnar structures to an optical modulation region of an observing surface that is seen from a transparent substrate side is 0.5% (an aperture ratio of 99.5%) or higher, the liquid crystal element can obtain minimally required intensity. As the ratio of the area occupied by the columnar structures to the optical modulation region increases, the area of an optical modulation portion decreases. However, as long as the ratio is about 40% (an aperture ratio of 60%) or lower, the liquid crystal element can obtain sufficient characteristics for practical use. In view of the above, the columnar structures may have a widthwise size of 2 to 250 μm and an interval of 3 to 1000 μm between two adjacent ones.

[0016]

Also, in order to prevent leakage of liquid crystal between the peripheral edges of two substrates, portions of columnar structures may be formed using sealing walls that

extend between the peripheral edges of the substrates.

Alternatively, sealing walls may be additionally installed using a sealing material, such as resins. The sealing walls serve also as an adhesive that bonds the two substrates. In this case, the sealing material may contain a plurality of grain-shaped spacers as supplementary means.

[0017]

Also, in the liquid crystal element of the present invention, each of the first and second substrates may include an electrode to which a driving voltage is applied. In this case, for example, the substrates may be disposed such that the corresponding electrodes face each other oppositely. Also in the method of manufacturing the liquid crystal element of the present invention, substrates having respective electrodes may be adopted as the first and second substrates. In this case, for example, the photoresist material is coated on a surface of the first substrate on which an electrode is formed and, simultaneously, covered with the second substrate such that a surface of the second substrate on which an electrode is formed faces the columnar structures. Also, even if no electrode is installed on at least one of the first and second substrates, a display operation is enabled by applying a driving voltage to a liquid crystal between the two substrates using, for example, an external electrode.

[0018]

Also, whether or not substrates with electrodes are used as the first and second substrates, an insulating layer may be formed between the columnar structures and the first and/or second substrates. When the first and second substrates have respective electrodes, the insulating layer assists in preventing a short circuit between the two substrates. The insulating layer may be formed on, for example, the surface of at least one substrate where an electrode is formed.

[0019]

Also, an alignment layer may be formed between the columnar structures and the first and/or second substrates. The alignment layer allows alignment of a liquid crystal in a certain direction. The alignment layer may serve also as an insulating layer. Also, the alignment layer may serve as an adhesive that bonds the columnar structures with the substrate. The alignment layer may be formed on a surface of the first substrate where the columnar structures is formed or a surface of the second substrates that will cover the columnar structures. In another case, the columnar structures are formed on the first substrate and an alignment layer may be prepared thereon. Then, an identical alignment layer is prepared on one surface of the second substrate, and the two alignment layers may be bonded to

each other at a high temperature. Thus, the bonded alignment layer may serve also as an adhesive.

[0020]

Also, in the method of the present invention, the exposure process may be performed by, but not limited to, covering the photoresist material coating layer with a photo mask having openings for exposure and irradiating predetermined light from the photo mask onto the coating layer so that the columnar structures are formed. During the exposure and developing processes, the exposed photoresist material coating layer is brought into contact with a developing solution, and an exposed portion or an unexposed portion is melted or removed according to the positive or negative type of photoresist material.

[0021]

Also, in the method of the present invention, before the exposure process, the photoresist material coating layer may be pre-baked at a predetermined temperature for a predetermined duration of time. As the result of the pre-baking process, an organic solvent can be removed from the photoresist material. Also, after the exposure process and before the developing process, the coating layer may be exposed at a predetermined temperature and for a predetermined duration of time and then baked. As a result, formation of patterns using the exposure process can be

finished.

[0022]

Also, after the developing process and before overlapping the substrates, a post-exposure process and a post-baking process may be performed on the column structures obtained by the developing process. It is desirable that the post-exposure process is performed on the entire first substrate on which the columnar structures are formed. By conducting the post-exposure process, the outflow of additives such as a photosensitizer or reaction accelerator from the photoresist into the liquid crystal can be suppressed, and the degradation of performance of the liquid crystal due to the additives can be prevented. Also, adhesion of the first substrate with the columnar structures can be reinforced through the post-exposure process and post-baking process.

[0023]

Also, in the method of the present invention, a liquid crystal may be enclosed between two substrates after a first substrate with columnar structures is covered with a second substrate. However, after a liquid crystal is filled in a region between the columnar structures formed on the first substrate, the second substrate may be installed on the first substrate so that the columnar structures and the liquid crystal are interposed between the two substrates.

[0024]

[Embodiments]

A liquid crystal element according to an embodiment of the present invention includes first and second substrates, at least one of which is transparent and which face each other oppositely. The substrates are disposed opposite to each other such that the corresponding electrodes face each other. Also, a plurality of columnar structures are formed between the two substrates. The columnar structures are formed of a polymer material obtained from a material with an SP value of 10-15. A liquid crystal is enclosed within a space between the columnar structures provided between the substrates.

[0025]

The above-described liquid crystal element can be obtained through, for example, the following processes. Photoresist is adopted as the polymer material, and a photoresist material with an SP value of 10-15 is coated to a predetermined thickness on a surface of the first substrate where an electrode is formed. The photoresist material may be formed by a known method, such as a spin coating process. The photoresist material is uniformly coated to a thickness of about 3 to 20 μm , more preferably, 5 to 15 μm .

[0026]

In the present invention, a 'substrate' refers to a flexible or inflexible plate-shaped member or an elastic film. For instance, one of the two substrates may be a plate having such hardness as to include a combination layer, and the other may be, for example, a film for protecting the combination layer. It is obvious that both the first and second substrates are formed of an elastic material, such as a film.

[0027]

It is preferable that of the two substrates, at least a substrate having an electrode on the observing side of the liquid crystal element is a transparent substrate having a transparent electrode. The transparent substrate may be formed of, for example, resin or glass such as polyethylene terephthalate, polycarbonate, or polyether sulfone. The transparent electrode may be an electrode formed of indium tin oxide (ITO), SnO_2 , or InO_3 or an electrode formed of a thin metal layer.

[0028]

Thereafter, the photoresist material is coated using such a photo mask as to form desired columnar structures, predetermined light appropriate for the photoresist material is irradiated onto the coating layer from the outside of the photo mask. Also, before an exposure process and/or after the exposure process and before a developing process, the

photoresist material coating layer may be baked.

Specifically, this pre-baking process may be performed by mounting the substrate coated with the photoresist material on a hot plate. In this case, the hot plate can be heated at a temperature of, for example, 100 ° or higher.

Similarly, when the photoresist material coating layer is baked after the exposure process, the substrate having the exposed resist may be mounted on a hot plate that is heated at a temperature of, for example, 100 ° or higher.

[0029]

Thereafter, the exposed coating layer is brought into contact with a developing solution (e.g., the exposed coating layer may be dipped in the developing solution), and an exposed portion or an unexposed portion is melted or removed according to the positive or negative type of photoresist material. Then, the developed coated layer is cleaned using deionized water and dried. In this process, columnar structures are obtained in the same way as the shape of the photo mask. Subsequently, a post-exposure process and a post-baking process may be carried out if required. Here, the post-exposure process refers to a process of exposing the entire substrate having the photoresist pattern. By undergoing the post-exposure process, adhesion of the substrate with the photoresist pattern can be reinforced. Also, specifically, the post-

baking process can be performed by mounting on a hot plate the substrate with the resist on which the post-exposure process is performed. In this case, the hot plate may be heated at a temperature of, for example, 100 ° or higher. The post-baking process also reinforces adhesion of the substrate with the photoresist pattern.

[0030]

Thereafter, the substrate having the first electrode is covered with the second substrate having a second electrode such that a surface of the second substrate on which an electrode is formed faces the columnar structures, and the columnar structures are interposed between the substrates having the first and second electrodes. Next, the peripheral edges of the first and second substrates are joined using a sealing material such as resin while leaving a liquid crystal injecting port intact. Also, while the columnar structures are being formed, a sealing wall may be formed at the peripheral edge of the first substrate using the same photoresist material.

[0031]

By vacuum-injecting a liquid crystal through the injecting port, the liquid crystal element is obtained. The kind of liquid crystal is not limited, but nematic liquid crystal, smetic liquid crystal, cholesteric-phase liquid crystal (cholesteric liquid crystal or chiral nematic liquid

crystal obtained by adding a chiral material to nematic liquid crystal to form a predetermined helical pitch) may be all used.

[0032]

Fig. 1 illustrates a cross section of the liquid crystal element according to the embodiment of the present invention, which is obtained through the above-described processes. The liquid crystal element includes a first substrate 1a having a first electrode and a second substrate 1b having a second electrode, which face oppositely. A plurality of columnar structures 2 are formed between the substrates 1a and 1b. The columnar structures 2 are formed of photoresist obtained from a photoresist material with an SP value of 10-15. A liquid crystal 3 is filled within a space between the columnar structures 2 provided between the substrates 1a and 1b. Also, a sealing wall 4 formed of a polymer material is formed at the peripheral edges of the substrates 1a and 1b.

[0033]

According to the liquid crystal element, a plurality of columnar structures 2 are previously formed between the substrates 1a and 1b, and the liquid crystal 3 is held in a region between the columnar structures 2. Accordingly, even if at least one of the substrates 1a and 1b is formed of a flexible material, a predetermined gap between the

substrates 1a and 1b can be kept. Also, because the photoresist material for obtaining the photoresist that forms the columnar structures 2 has a solubility parameter (SP) of 10 to 15, the resultant columnar structures 2 are not (or hardly) soluble in the liquid crystal 3 that typically has an SP of 8 or less, and the columnar structures can retain their own shape over a long term. Thus, a gap between the substrates 1a and 1b (i.e., a liquid crystal layer thickness between the substrates 1a and 1b) can be kept to be constant, and desired contrast and reflectance can be maintained. Also, the gap between the substrates 1a and 1b can be kept without using spacers, but the spacers may be used at the same time as when the columnar structures are formed. In this case, for example, spacers may be previously scattered on the second substrate 1b and overlapped with the first substrate 1a on which the columnar structures are formed, thereby forming a cell.

[0034]

Also, photoresist is adopted as a material for the columnar structures 2, the photoresist material is previously coated on the substrate 1a to a predetermined thickness, and the coating layer is exposed and developed, thereby forming the columnar structures 2. Also, the substrate 1a with the columnar structures 2 is covered with the new substrate 1b, thereby enabling formation of a liquid

crystal layer with a predetermined thickness. Further, the photoresist material coating layer is exposed and developed through a photo mask having a plurality of openings corresponding to desired columnar structures so that ultrahigh-precision columnar structures 2 can be obtained in the same shape as the photo mask.

[0035]

The columnar structures may be formed of a resin that has a small contact angle to the liquid crystal, thus the device characteristics such as a driving voltage and contrast can be improved. The columnar structures may be formed of a material that depends on the type of liquid crystal and also, has a contact angle of 20° or less, more preferably 17° or less, to the liquid crystal.

[0036]

A liquid crystal element according to another embodiment of the present invention is illustrated in Fig. 2. In the present embodiment, the liquid crystal element has the same construction as the liquid crystal element shown in Fig. 1 except that an insulating layer 5 with the same area as each of the substrates 1a and 1b is installed between the first substrate 1a and the columnar structures 2 and between the second substrate 1b and the columnar structures 2. The same reference numerals are used to denote the same components. In the liquid crystal element according to the

present invention, a short circuit between electrodes installed on opposing surfaces of the substrates 1a and 1b is prevented.

[0037]

IN producing the liquid crystal element, an insulating layer, such as a SiO₂ layer, is previously formed using a spin coating process or a deposition process on surfaces of the substrates 1a and 1b where electrodes are formed. By making use of the substrates 1a and 1b having the electrodes and insulating layers, the liquid crystal element is produced in the same manner as the liquid crystal element shown in Fig. 1. Also, a liquid crystal element according to still another embodiment of the present invention is illustrated in Fig. 3. The liquid crystal element is the same as the liquid crystal element shown in FIG. 1 except that an alignment layer 6 with the same area as each of the substrates 1a and 1b is formed between the first substrate 1a and the columnar structures 2 and between the second substrate 1b and the columnar structures 2. The same reference numerals are used to denote the same components. According to the liquid crystal element, by using the alignment layer 6, the major axes of liquid crystal molecules are aligned orthogonal to or parallel with the substrate or at an angle to the substrate in an initial state.

[0038]

In order to produce this liquid crystal element, an alignment layer, such as a polyimide alignment layer or a polyamic acidic alignment layer, is previously formed using a spin coating process on surfaces of the first and second substrates 1a and 1b where electrodes are formed. By making use of the substrates 1a and 1b having the electrodes and alignment layers, the liquid crystal element is produced in the same manner as the liquid crystal element shown in Fig. 1. Also, Fig. 4 illustrates a liquid crystal element according to yet another embodiment of the present invention in which an insulating layer 5 and an alignment layer 6, each of which has the same area as each of substrates 1a and 1b, are sequentially formed between the first substrate 1a and columnar structures 2 and between the second substrate 1b and the columnar structures 2. According to this liquid crystal element, a short circuit between the electrodes installed on opposing surfaces of the substrates 1a and 1b is prevented and simultaneously, liquid crystal molecules are aligned in a predetermined direction in an initial state. This liquid crystal element can be produced in the same manner as the liquid crystal element except that the insulating layer 5 and the alignment layer 6 are previously formed on the surfaces of the substrates 1a and 1b where the electrodes are formed.

[0039]

Also, Fig. 5 illustrates a liquid crystal element according to further another embodiment of the present invention in which an insulating layer 5 and an alignment layer 6, each of which has the same area as each of substrates 1a and 1b, are formed in this order between the first substrate 1a and columnar structures 2. Like the liquid crystal element shown in Fig. 3, a short circuit between electrodes installed on opposing surfaces of the substrates 1a and 1b is prevented, and liquid crystal molecules are aligned in a predetermined direction in an initial state. This liquid crystal element can be produced in the same manner as the liquid crystal element shown in FIG. 1 except that the insulating layer 5 and the alignment layer 6 are previously formed on the surface of the first substrate 1a where the electrode is formed.

[0040]

Also, Fig. 6 illustrates a liquid crystal element according to still further another embodiment of the present invention in which an insulating layer 5 and an alignment layer 6, each of which has the same area as each of substrates 1a and 1b, are sequentially formed between the second substrate 1b and columnar structures 2. Like the liquid crystal element shown in Fig. 3, a short circuit between electrodes installed on opposing surfaces of the

substrates 1a and 1b is prevented, and liquid crystal molecules are aligned in a predetermined direction in an initial state. This liquid crystal element can be produced in the same manner as the liquid crystal element shown in FIG. 1 except that the insulating layer 5 and the alignment layer 6 are previously formed on the surface of the second substrate 1b where the electrode is formed.

[0041]

In producing the liquid crystal elements shown in Figs. 3, 4, and 6, in addition to formation of the alignment layer on the second substrate 1b using a spin coating process, a material for an alignment layer may be sprayed on the top surfaces of the columnar structures formed on the first substrate 1a and shrank and fitted at a high temperature of, for example, 200 °, thereby forming the alignment layer. Thereafter, the alignment layers formed on both the substrates 1a and 1b are bonded at a high temperature of 200 °. Thus, adhesion between the substrates 1a and 1b can be reinforced.

[0042]

In driving the above-described liquid crystal elements by applying a driving voltage, the arrangement of liquid crystal molecules is transitioned by applying two kinds of voltages, namely, a high voltage and a low voltage. For example, when cholesteric-phase liquid crystal is used, the

arrangement of liquid crystal molecules is transitioned between planar arrangement and focal conic arrangement with the application of high and low pulse voltages. This state is stably retained even if the application of voltage is stopped.

[0043]

The cholesteric-phase liquid crystal selectively reflects light of a wavelength corresponding to the product of a helical pitch and an average refractive index of the liquid crystal in the planar arrangement in which a helical axis is arranged orthogonal to the substrate. Accordingly, by using the liquid crystal that selectively reflects light in, for example, a red wavelength region, a blue wavelength region, and a green wavelength region, light is selectively reflected in the respective wavelengths in the planar arrangement so that the liquid crystal is seen in red, blue, and green colors, respectively. Also, it is possible to display multi-color by stacking red, blue, and green liquid crystal layers. Also, a selected reflection wavelength is set to, for example, the infrared region so that the liquid crystal can be seen transparent. In chiral nematic liquid crystal, a helical pitch is controlled by adjusting the amount of added chiral material, so that a selected reflection wavelength can be controlled.

[0044]

Also, the cholesteric-phase liquid crystal scatters incident light in focal conic arrangement in which a helical axis is arranged in an irregular direction, so that the liquid crystal is seen in turbid white color. Like the case where a selected reflection wavelength of the cholesteric-phase liquid crystal is in the visible region, a short helical pitch reduces scattering, thus the helical axis becomes almost parallel to the substrate and an almost transparent color is obtained.

[0045]

Accordingly, by transitioning the arrangement of liquid crystal molecules between the planar arrangement and the focal conic arrangement, selected reflection (planar arrangement)-transparency (focal conic arrangement) or transparency (planar arrangement)-turbid white (focal conic arrangement) can be displayed. Also, a method of using only nematic liquid crystal can be applied to, for example, the so-called TN mode. In the TN mode, two polarizers are installed on and under a liquid crystal layer at right angles to each other. Light that passes through the upper polarizer is rotated with a twist in liquid crystal molecules due to an optical anisotropy (Δn) effect of the liquid crystal molecules and then transmitted through the lower polarizer so that a bright state is obtained. Meanwhile, when the liquid crystal molecules are not twisted

any more by applying an electric field to the liquid crystal layer, because there is no effect that makes an inclined wave surface rotate, incident light is cut off by the lower polarizer so that a dark state is obtained.

[0046]

[Embodiments]

Hereinafter, embodiments of the present invention will be described in detail but the present invention is not limited thereto. In each of the following embodiments, reflectance is obtained by measuring spectro reflectance (value Y) using a reflection spectro color meter CM-10000 (Minolta). As the value Y becomes lower, transparency becomes higher. Also, contrast is given as value Y in a high reflectance state/value Y in a low reflectance state).

Embodiment 1

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 10, a negative type, and JSR) formed of a melamine resin was spin-coated to great thicknesses of 5, 12, and 18 μm , respectively. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 100 ° for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material

coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system. Thereafter, a post-exposure baking process was performed at a temperature of 100 °C for 3 minutes, and a developing process was performed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 100 °C for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures.

[0047]

Also, the SP value of the photoresist material was determined by mixing the photoresist material with an organic solvent with a known SP value and observing whether the photoresist material was melted in the solvent (the mixture looks transparent) or not (the mixture looks turbidly white). The determination was that the photoresist material had the same SP value as the organic solvent. The above result is the same in all the embodiments that will be described later. When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had layer thicknesses of 5, 12, and 18 µm. It was confirmed that the heights of columnar structures obtained from the above processes are the same as the thicknesses of the photoresist material coated on the substrate.

[0048]

Thereafter, the columnar structures formed on the first substrate were covered with a glass substrate having a second ITO electrode such that a surface of the second substrate where the second electrode was formed faced the columnar structures. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were obtained. Next, chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material (S-811, Merck) to ester-based nematic liquid crystal (refractive index anisotropy of $\Delta n = 0.170$, dielectric constant anisotropy of $\Delta \epsilon = 30$, isotropic phase-transition temperature of $T_{N-1} = 100^\circ\text{C}$) was injected into the vacant cells. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a blue region was injected into a vacant cell having 5- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a green region was injected into a vacant cell having 12- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a red region was injected into a vacant cell having 18- μm columnar structures. Thus, liquid crystal

elements were obtained.

[0049]

When a relatively high pulse voltage was applied to the liquid crystal elements, after the pulse voltage was removed, the liquid crystals were in a planar state and displayed in blue, green, and red colors, respectively. Also, when a relatively low pulse voltage was applied to the liquid crystal elements, after the pulse voltage was removed, all the liquid crystals became transparent. When the performances the liquid crystal elements were measured by applying a voltage thereto, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/50V(planar arrangement), contrast was 5.4, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In green color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/60V(planar arrangement), contrast was 14.6, and reflectance in the planar arrangement was 22%. In red color, a driving voltage was 55V(focal conic arrangement)/100V(planar arrangement), contrast was 4, and reflectance in the planar arrangement was 27%.

[0050]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using

a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 6° in blue color, 13° in green color, and 12° in red color.

Embodiment 2

The embodiment 2 is the same as the embodiment 1 except that a photoresist material (an SP value of 15, a negative type, JSR) formed of melanin resin was used instead of the photoresist material (an SP value of 10). Thus, liquid crystal elements were obtained to display blue, green, and red colors, respectively.

[0051]

When the performances of liquid crystal elements were measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/55V(planar arrangement), contrast was 5.2, and reflectance in the planar arrangement was 24%. In green color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/60V(planar arrangement), contrast was 15.3, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In red color, a driving voltage was 50V(focal conic arrangement)/95V(planar arrangement), contrast was 4.5, and reflectance in the planar arrangement was 28%.

[0052]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 5° in blue color, 15° in green color, and 11° in red color.

Embodiment 3

The embodiment 3 is the same as the embodiment 1 except that a photoresist material (an SP value of 12, a negative type, JSR) formed of melanin resin was used instead of the photoresist material (an SP value of 10). Thus, liquid crystal elements were obtained to display blue, green, and red colors, respectively.

[0053]

When the performances of liquid crystal elements were measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 29V(focal conic arrangement)/52V(planar arrangement), contrast was 5.4, and reflectance in the planar arrangement was 24%. In green color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/60V(planar arrangement), contrast was 14.9, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In red color, a driving voltage was 50V(focal conic

arrangement)/100V(planar arrangement), contrast was 4.2, and reflectance in the planar arrangement was 28%.

[0054]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 5° in blue color, 14° in green color, and 13° in red color.

Embodiment 4

The embodiment 4 is the same as the embodiment 1 except that a photoresist material (an SP value of 14, a negative type, JSR) formed of melanin resin was used instead of the photoresist material (an SP value of 10). Thus, liquid crystal elements were obtained to display blue, green, and red colors, respectively.

[0055]

When the performances of liquid crystal elements were measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/53V(planar arrangement), contrast was 5.3, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In green color, a driving voltage was 30V(focal

conic arrangement)/59V(planar arrangement), contrast was 15.1, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In red color, a driving voltage was 50V(focal conic arrangement)/98V(planar arrangement), contrast was 4.3, and reflectance in the planar arrangement was 28%.

[0056]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 5° in blue color, 13° in green color, and 12° in red color.

Embodiment 5

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was heated in a dry oven at a temperature of 80 ° for 15 minutes, a polyimide alignment layer was spin-coated, and the resultant structure was heated in a hot plate at a temperature of 80 ° for 5 minutes and heated in the dry oven at a temperature of 180 ° for 2 hours. The first substrate having the alignment layer was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 10, a negative type, and JSR) formed of a melamine resin was spin-coated. Next, the coating layer was pre-baked at a

temperature of 100 °C for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system. Thereafter, a post-exposure baking process was performed at a temperature of 100 °C for 3 minutes, and a developing process was performed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 100 °C for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures. When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had a layer thickness of 7 µm.

[0057]

Thereafter, the columnar structures formed on the first substrate were covered with a glass substrate having a second glass electrode having a polyimide alignment layer such that a surface of the second substrate where the alignment layer was formed faced the columnar structures. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were obtained. Next, chiral nematic liquid crystal having

selected reflection wavelength in a green region with an SP value of 7, which was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal, was injected into the vacant cells.

[0058]

When the performances of the liquid crystal element were measured by applying a voltage to the liquid crystal element, good performances were obtained. That is, a driving voltage was 60V(focal conic arrangement)/90V(planar arrangement), contrast was 8.1, and reflectance in the planar arrangement was 27%. Also, in the above-described process, the liquid crystal was dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and the liquid crystal was measured using a contact angle meter (CA-X). As a result, the contact angle was 14°.

Embodiment 6

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 10, a negative type, and JSR) formed of a melamine resin was spin-coated. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 100 ° for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings

corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system. Thereafter, a post-exposure baking process was performed at a temperature of 100 ° for 3 minutes, and a developing process was performed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 100 ° for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures. When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had a layer thickness of 7 μm .

[0059]

Thereafter, a polyamic acidic alignment layer was installed on the columnar structures formed on the first substrate. This alignment layer was formed by spraying a material for the alignment layer on the top surfaces of the columnar structures and shrinking and fitting the material at a high temperature of, for example, 200 °. Also, an identical alignment layer was installed on a surface of a second glass substrate where a second ITO electrode was formed. The first substrate was covered with the second substrate such that the alignment layer corresponded to the alignment layer formed on the first electrode, and the

alignment layers were bonded at a high temperature of 200 °. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were obtained.

[0060]

Next, chiral nematic liquid crystal having selected reflection wavelength in a green region with an SP value of 7, which was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal, was injected into the vacant cells. When the performances of the liquid crystal element were measured by applying a voltage to the liquid crystal element, good performances were obtained. That is, a driving voltage was 35V(focal conic arrangement)/65V(planar arrangement), contrast was 8, and reflectance in the planar arrangement was 23%.

[0061]

Also, in the above-described process, the liquid crystal was dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and the liquid crystal was measured using a contact angle meter (CA-X). As a result, the contact angle was 16°.

Embodiment 7

The embodiment 7 is the same as the embodiment 1 except

that ester-based nematic liquid crystal with an SP value of 7 (refractive index anisotropy of $\Delta n = 0.170$, dielectric constant anisotropy of $\Delta \epsilon = 30$, isotropic phase-transition temperature of $T_{N-I} = 100^\circ\text{C}$) was used instead of chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7.

[0062]

Two polarizers were installed on and under the liquid crystal at right angles to each other, thereby forming a TN-mode liquid crystal element. When the performances of the liquid crystal element were measured by applying a voltage to the liquid crystal element, good performances were obtained. That is, when a driving voltage was 0V, transmissivity was 93%, and when a driving voltage was 2.3V, transmissivity was 10%. Also, in the above-described process, the nematic liquid crystal was dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and the liquid crystal was measured using a contact angle meter (CA-X). As a result, the contact angle was 13° .

Embodiment 8

The embodiment 8 is the same as the embodiment 3 except that ester-based nematic liquid crystal with an SP value of 7 (refractive index anisotropy of $\Delta n = 0.170$, dielectric constant anisotropy of $\Delta \epsilon = 30$, isotropic phase-transition

temperature of $T_{N-1}=100$ °C) was used instead of chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7.

[0063]

Two polarizers were installed on and under the liquid crystal at right angles to each other, thereby forming a TN-mode liquid crystal element. When the performances of the liquid crystal element were measured by applying a voltage to the liquid crystal element, good performances were obtained. That is, when a driving voltage was 0V, transmissivity was 95%, and when a driving voltage was 2.3V, transmissivity was 12%. Also, in the above-described process, the nematic liquid crystal was dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and the liquid crystal was measured using a contact angle meter (CA-X). As a result, the contact angle was 16°.

Embodiment 9

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 °C for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 11, a positive type, and Tokyo Oka Kogyosa) formed of an acrylic resin was spin-coated to great thicknesses of 3, 10, and 19 μm , respectively. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 110 °C for 3

minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system and developed at room temperature. Thereafter, the coating layer was cleaned using deionized water, dried, cleaned with 3% oxalic acid ammonium, cleaned with deionized water, and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 220 ° for 3 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures.

[0064]

When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had layer thicknesses of 3, 10, and 19 μm . It was confirmed that the heights of columnar structures obtained from the above processes are the same as the thicknesses of the photoresist material coated on the substrate. Thereafter, the columnar structures formed on the first substrate were covered with a glass substrate having a second ITO electrode such that a surface of the second substrate where the second electrode was formed faced the columnar structures. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were

obtained. Next, chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was injected into the vacant cells. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a blue region was injected into a vacant cell having 3- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a green region was injected into a vacant cell having 10- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a red region was injected into a vacant cell having 19- μm columnar structures. Thus, liquid crystal elements were obtained.

[0065]

When the performances of the liquid crystal elements were measured by applying a voltage thereto, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 45V(focal conic arrangement)/70V(planar arrangement), contrast was 2.5, and reflectance in the planar arrangement was 27%. In green color, a driving voltage was 40V(focal conic arrangement)/85V(planar arrangement), contrast was 7.9, and reflectance in the planar arrangement was 30%. In red color,

a driving voltage was 60V(focal conic arrangement)/115V(planar arrangement), contrast was 2.3, and reflectance in the planar arrangement was 31%.

[0066]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 10° in blue color, 12° in green color, and 16° in red color.

Embodiment 10

The embodiment 10 is the same as the embodiment 9 except that a photoresist material (an SP value of 14, a positive type, and Tokyo Oka Kogyosa) formed of an acrylic resin was used instead of the photoresist material (an SP value of 11). Thus, like in the embodiment 9, liquid crystal elements were obtained to display blue, green, and red colors, respectively.

[0067]

When the performances of liquid crystal elements were measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 50V(focal conic arrangement)/80V(planar arrangement),

contrast was 2.3, and reflectance in the planar arrangement was 25%. In green color, a driving voltage was 45V(focal conic arrangement)/90V(planar arrangement), contrast was 7.6, and reflectance in the planar arrangement was 29%. In red color, a driving voltage was 65V(focal conic arrangement)/125V(planar arrangement), contrast was 2.0, and reflectance in the planar arrangement was 29%.

[0068]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 11° in blue color, 13° in green color, and 17° in red color.

Embodiment 11

The embodiment 11 is the same as the embodiment 1 except that a plastic substrate having an ITO electrode is used instead of the glass substrate having the ITO electrode and neither hydrated nor baked at a temperature of 200 °C. Thus, like in the embodiment 1, liquid crystal elements were obtained to display blue, green, and red colors, respectively.

[0069]

When the performances of liquid crystal elements were

measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/50V(planar arrangement), contrast was 5.4, and reflectance in the planar arrangement was 23%. In green color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/60V(planar arrangement), contrast was 14.6, and reflectance in the planar arrangement was 22%. In red color, a driving voltage was 55V(focal conic arrangement)/100V(planar arrangement), contrast was 4, and reflectance in the planar arrangement was 27%.

[0070]

Also, in the above-described process, the blue, green, and red liquid crystals were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 9° in blue color, 16° in green color, and 15° in red color.

Embodiment 12

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 10, a negative type, and JSR) formed of a melamine resin was spin-coated to great

thicknesses of 5, 12, and 18 μm , respectively. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 100 $^{\circ}\text{C}$ for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system. Thereafter, a post-exposure baking process was performed at a temperature of 100 $^{\circ}\text{C}$ for 3 minutes, and a developing process was performed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 100 $^{\circ}\text{C}$ for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures.

[0071]

Next, a glass substrate having one surface on which a second ITO electrode was formed and spacers with diameters of 5, 12, and 18 μm were scattered was prepared. The columnar structures formed on the first substrate were covered with the glass substrate having the second ITO electrode such that the surface of the second substrate where the electrode was formed faced the columnar structures. Also, the peripheral edges of the substrates were sealed using a sealing material, namely, XN-21-S(Misuikagakusa) containing spacers. While the two substrates were being

compressed using a jig, they were heated at a temperature of 180 ° for 2 hours so that the sealing material was hardened and the two substrates were bonded to each other. Thus, vacant cells were obtained. When the gaps of the cells were measured using a layer thickness meter, they were 5, 12, and 18 μm , respectively.

[0072]

Next, chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material (S-811, Merck) to ester-based nematic liquid crystal (refractive index anisotropy of $\Delta n = 0.170$, dielectric constant anisotropy of $\Delta \epsilon = 30$, isotropic phase-transition temperature of $T_{N-1} = 100^\circ\text{C}$) was injected into the vacant cells. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a blue region was injected into a vacant cell having 5- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a green region was injected into a vacant cell having 12- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a red region was injected into a vacant cell having 18- μm columnar structures. Thus, liquid crystal elements were obtained.

[0073]

When the performances of liquid crystal elements were measured by applying a voltage to the respective liquid crystal elements, good performances were obtained as will be described now. That is, in blue color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/50V(planar arrangement), contrast was 5.3, and reflectance in the planar arrangement was 22%. In green color, a driving voltage was 30V(focal conic arrangement)/60V(planar arrangement), contrast was 14.5, and reflectance in the planar arrangement was 22%. In red color, a driving voltage was 50V(focal conic arrangement)/95V(planar arrangement), contrast was 3.9, and reflectance in the planar arrangement was 26%.

[0074]

Also, the liquid crystal element of the embodiment 12 made use of spacers having diameters equal to the layer thicknesses of the photoresist material coating layer as formed in the present embodiment 1, but obtained the cell gaps equal to the heights of the columnar structures as formed in the embodiment 1. The embodiment 12 is almost the same as the embodiment 1 in terms of driving voltage, contrast, and reflectance in the planar arrangement. Considering these, it can be seen that even if spacers are used when columnar structures are formed, the characteristics of the liquid crystal element are not

adversely affected, and also a liquid crystal layer can be formed to desired thicknesses like in the case where no spacers are used.

Comparative example 1

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 8, a negative type, and JSR) formed of an acrylic resin was spin-coated to great thicknesses of 5, 12, and 18 μm , respectively. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 90 ° for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system and developed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 130 ° for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures.

[0075]

When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had layer thicknesses of 5, 12, and 18 μm . Thereafter, the columnar structures formed on the first substrate were

covered with a glass substrate having a second ITO electrode such that a surface of the second substrate where the second electrode was formed faced the columnar structures. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were obtained. Next, chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was injected into the vacant cells. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a blue region was injected into a vacant cell having 5- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a green region was injected into a vacant cell having 12- μm columnar structures. Thus, liquid crystal elements were obtained. But, a vacant cell having 18- μm columnar structures was not used.

[0076]

When the performances the liquid crystal elements were measured by applying a voltage thereto, in blue color, a driving voltage was 25V(focal conic arrangement)/65V(planar arrangement), contrast was 1.3, and reflectance in the planar arrangement was 28%. That is, the contrast was very

low. In green color, a driving voltage was 40V(focal conic arrangement)/90V(planar arrangement), contrast was 5.9, and reflectance in the planar arrangement was 18%. That is, the reflectance in the planar arrangement was very low.

[0077]

Also, chiral nematic liquid crystal(having selected reflection wavelength in the green region) with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was filled between the columnar structures with a height of 7 μm , left as it was for 2 hours, cleaned with n-hexane, and dried. When a sample obtained by depositing gold on the columnar structures was observed using a scanning electronic microscope (SEM), it can be seen that the columnar structures crumbled to a lower height.

[0078]

Also, in the above-described process, the blue and green liquid crystals and additionally formed red liquid crystal were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 21° in blue color, 17° in green color, and 25° in red color.

Comparative example 2

A glass substrate that had been desirably cleaned and

had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and a photoresist material (an SP value of 7, a negative type, and JSR) formed of an acrylic resin was spin-coated to great thicknesses of 5, 12, and 18 μm , respectively. Next, the coating layer was pre-baked at a temperature of 80 ° for 5 minutes, a photo mask having a plurality of openings corresponding to a plurality of columnar structures was installed on the coating layer, and the photoresist material coating layer was exposed through the photo mask using an ultraviolet ray irradiation system and developed. After that, the coating layer was cleaned using deionized water and dried. Also, a post-exposure process was carried out and then a post-baking process was performed at a temperature of 110 ° for 5 minutes, thereby obtaining the resultant columnar structures.

[0079]

When the height of the columnar structures was measured using a layer thickness meter, the columnar structures had layer thicknesses of 5, 12, and 18 μm . Thereafter, the columnar structures formed on the first substrate were covered with a glass substrate having a second ITO electrode such that a surface of the second substrate where the second electrode was formed faced the columnar structures. The peripheral edges of the substrates were joined and bonded using a sealing material, namely, photolec (Seisuki Fine

Chemicals) containing spacers, thus vacant cells were obtained. Next, chiral nematic liquid crystal with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was injected into the vacant cells. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a blue region was injected into a vacant cell having 5- μm columnar structures. Liquid crystal in which the amount of added chiral material was adjusted such that a selected reflection region was set to a green region was injected into a vacant cell having 12- μm columnar structures. Thus, liquid crystal elements were obtained. But, a vacant cell having 18- μm columnar structures was not used.

[0080]

When the performances the liquid crystal elements were measured by applying a voltage thereto, in blue color, a driving voltage was 28V(focal conic arrangement)/67V(planar arrangement), contrast was 1.1, and reflectance in the planar arrangement was 27%. That is, the contrast was very low. In green color, a driving voltage was 38V(focal conic arrangement)/88V(planar arrangement), contrast was 5.7, and reflectance in the planar arrangement was 17%. That is, the reflectance in the planar arrangement was very low.

[0081]

Also, chiral nematic liquid crystal(having selected reflection wavelength in the green region) with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was filled between the columnar structures with a height of 12 μm , left as it was for 2 hours, cleaned with n-hexane, and dried. When a sample obtained by depositing gold on the columnar structures was observed using an SEM, it can be seen that the columnar structures crumbled to a lower height.

[0082]

Also, in the above-described process, the blue and green liquid crystals and additionally formed red liquid crystal were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 23° in blue color, 19° in green color, and 28° in red color.

Comparative example 3

A glass substrate that had been desirably cleaned and had a first ITO electrode was dehydrated and baked at a temperature of 200 ° for 30 minutes, and cyclic-poly-isoprene-based photoresist (an SP value of 7, a negative type, and Tokyookaje OMR-83) was spin-coated to a thickness of 7 μm . Next, the coating layer was exposed using a photo

mask and developed, thereby obtaining the resultant columnar structures. Also, chiral nematic liquid crystal(having selected reflection wavelength in the green region) with an SP value of 7 that was obtained by adding a chiral material to ester-based nematic liquid crystal was filled between the columnar structures with a height of 7 μm , left as it was for 2 hours, cleaned with n-hexane, and dried. When a sample obtained by depositing gold on the columnar structures was observed using an SEM, it can be seen that the columnar structures crumbled to a lower height.

[0083]

Also, in the above-described process, blue and green liquid crystals and additionally formed red liquid crystal were dropped on a resist layer that was obtained by exposing the entire substrate without using a photo mask, a contact angle between the columnar structures and each of the liquid crystals was measured using a contact angle meter (CA-X). The contact angle was 25° in blue color, 19° in green color, and 27° in red color. From the above-described results, it can be known that when the liquid crystal elements according to the embodiments 1 to 12 in which the photoresist material has an SP value of 10 to 15 are used together with liquid crystals with an SP value of 8 or less, excellent contrast and reflectance can be obtained. By contrast, when the liquid crystal elements according to the comparative

examples 1 and 2 in which the photoresist material has an SP value of 7 to 8 are used together with liquid crystals with an SP value of 7, sufficient contrast and reflectance cannot be obtained.

[0084]

Also, because the final height of columnar structures is equal to the thickness of the photoresist material layer coated on the substrate, according to the method of the present invention using the photoresist material, the columnar structures can be simply formed to a desired height without using spacers. Also, even if the columnar structures are formed of photoresist containing spacers, the liquid crystal elements can obtain good characteristics equally.

[0085]

[Effect of the Invention]

As described above, according to the liquid crystal element and the producing method of the present invention, by enclosing a liquid crystal between two substrates, at least one of which is transparent, the liquid crystal element is not affected by hardness or softness of substrates compared with a conventional liquid crystal element, to be able to keep liquid crystal layer thickness constant over a long period and to stably obtain a desired contrast and reflectance thereby.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to an embodiment of the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to another embodiment of the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to still another embodiment of the present invention.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to yet another embodiment of the present invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to further another embodiment of the present invention.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a cross-sectional view of a liquid crystal element according to further another embodiment of the present invention.

[Reference Numerals]

- 1a, 1b: substrate having electrode
- 2: columnar structure
- 3: liquid crystal
- 4: sealing wall
- 5: insulating layer
- 6: alignment layer